

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**MONITOROVÁNÍ FYZIOLOGICKÝCH VELIČIN U PRVNÍ
VRSTVY ODĚVŮ PRO FUNKČNÍ SENDVIČOVÉ
STRUKTURY ODĚVŮ**

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Studijní program: N3106 - Textilní inženýrství

Studijní obor: 3106T011 - Textilní a oděvní technologie

Monitorování fyziologických veličin u první vrstvy oděvů pro
funkční sendvičové struktury oděvů

Monitoring physiological variables the first layer of clothing for
sandwich structures functional clothing

Autor práce: Bc. Jarmila Lenhardtová

Vedúci práce: Doc. Ing. Antonín Havelka, Csc.

Počet strán.....70

Počet tabuliek..... 13

Počet obrázkov..... 30

Originálne zadanie

Originálna žiadosť o predĺženie

Prehlásenie

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácie použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorská práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Sb. O práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitní knižnici TUL.

Bola som zoznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č.121/2000 Sb. o práve autorskom, najmä § 60 (školní dielo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o užití mojej diplomovej práce a prehlasujem, že **súhlasím** s prípadným použitím mojej diplomovej práce (predaj, požičanie apod.).

Som si vedomá toho, že použiť svoju diplomovú prácu či poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom TUL, ktorá má právo odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela.

V Liberci, dne 17.4 . 2013

Jarmila Lenhardtová

Pod'akovanie

Rada by som sa pod'akovala za spoluprácu a vedenie pri práci vedúcemu diplomovej práce

Doc. Ing. Antonínovi Havelkovi Csc. Ďalej ďakujem za pomoc a spoluprácu pri
meraniach Ing. Rudolfovi Třešňákovi, a Ing. Michalovi Chotěborovi z laboratória na
Katedre odevníctva.

Anotácia

Táto diplomová práca je zameraná na prestup vodných pár cez textil. Úlohou bolo porovnať dostupné metódy priepustnosti vodných pár cez textil, vyhodnotiť jednotlivé metódy a porovnať ich. Vybrali sme si 5 metód pre priepustnosť vodných pár ktoré sme namerali, vyhodnotili a porovnávali sme ich medzi sebou. Úlohou bolo zistiť či sa dajú tieto metódy porovnávať. Najviac sme sa zamerali na metódu B-1, prístroj sme si zhotovili a zisťovali sme ako funguje.

Annotation

This graduation theses is focused on transmission of water vapor over textile. The task was to compare available methods of water vapor permeability over textile, evaluate single methods and compare them. We have chosen 5 method for permeability of water vapor, that we measured out, evaluated and compared them with each other. The task was to find out, if this methods can be compare to each other. We have focused on method B- 1 the most, device we constructed ourselves and we found out how this device works.

Kľúčové slová: Priedušnosť, Priepustnosť vodnej pary, Gravimetrická metóda, Model kože, metóda B-1

Key words: Air permeability Water vapor permeability Gravimetric method, Skin model, method B-1

Obsah

Úvod	12
1. Teoretická časť	13
1.1. Odevný komfort.....	13
1.2. Psychologický komfort	14
1.3. Senzorický komfort.....	14
1.4. Termofyziologický komfort.....	15
1.5. Patofyziologický komfort	15
2. Termoregulácia.....	17
2.1. Fyzikálna termoregulácia.....	18
- Evaporácia (odparovanie potu).....	18
2.1.1. Kondukcia (Vedenie tepla).....	18
2.1.2. Konvekcia (Prúdenie tepla)	20
2.1.3. Radiácia (Sálanie tepla).....	21
2.1.4. Evaporácia (Prenos tepla odparovaním).....	22
2.1.5. Zdieľanie tepla dýchaním (Respirácia)	22
2.2. Odvod vlhkosti z povrchu ľudského tela	23
2.2.1. Difúzia	23
2.2.2. Kapilárny odvod	24
2.2.3. Sorpcia	24
3. Transportné vlastnosti inteligentných textílii	25
4. Meranie priepustnosti vodných pár	26
4.1. Gravimetrická metóda.....	26
4.2. Metóda DREO	28
4.3. Skin model	28
4.4. Permetest.....	29
4.5. Metóda A-1 (Metóda chloridu vápenatého).....	30
4.6. Metóda B1 (metóda –octan draselný)	31
5. Experimentálna časť	33
5.1. Popis materiálu	33
5.1.1. Dermizax	33
5.1.2. Diaplex	34

6.	Merania.....	36
6.1.	Gravimetrickou metódou	36
6.2.	Skin modelom	39
6.2.1.	Meranie na prístroji SGHP	40
6.2.2.	Meranie prestupu vodných pár na prístroji PSM – 2	42
6.2.3.	Meranie priepustnosti vodných pár Permetest	44
6.3.	Meranie priepustnosti vodných pár metódou B-1	46
7.	Porovnanie jednotlivých meraní	56
7.1.	Porovnanie výsledky odolnosti voči vodným parám	58
7.2.	Porovnanie priepustnosť vodných pár	60
8.	Diskusia výsledkov	61
8.1.	Celkové zhodnotenie.....	62
9.	Záver.....	64
	Použitá literatúra.....	65

Zoznam značiek a skratiek

Značka	Názov	Jednotka
\bar{x}	Priemer	-
v	Variačný koeficient	-
σ	Smerodajná odchýlka	-
$\bar{\delta}$ (rH)	Relatívna vlhkosť chyba udávaná	%
$\bar{\delta} rH_{app}$	Relatívna vlhkosť chyba uvedená výrobcom klíma komory, pre membránu	%
$P \bar{x}$	Priepustnosť vodných pár	%
rH	Relatívna vlhkosť pri rovnovážnom stave s nasýteným roztokom octanu draselného	%
φ	Relatívna vlhkosť	%
φ_{misce}	Vlhkosť v miske	%
$\varphi_{pros.}$	Vlhkosť prostredia	%
T_a	Teplota prúdiaceho vzduchu	°C
T_a	Teplota v skúšobnej miestnosti	°C
T_b	Teplota vodného kúpeľa	°C
T_s	Teplota tepelného chrániča	°C
$\bar{\delta} (m_1)$	Chyba uvádzaná výrobcom váh	g
$\bar{\delta} (m_2)$	Chyba uvádzaná výrobcom váh	g
$\bar{\delta} (m_{1app})$	Chyba uvádzaná výrobcom váh, pre membránu	g
$\bar{\delta} (m_{2app})$	Chyba uvádzaná výrobcom váh, pre membránu	g
g_0	Váha misky so vzorkou pred expozíciou v klimatizovanej komore	g
g_1	Váha misky so vzorkou do exponovania v klimatizovanej komore	g
m_0	Hmotnosť meracie pohárika s octanom draselným pred meraním,	g
m_1	Hmotnosť pred meraním	g
m_{15}	Hmotnosť meracie pohárika s octanom draselným po meraní	g
m_2	Hmotnosť po meraní	g
m_{so}	Zisti hmotnosť silikagelu bez textílie	g
m_{sz}	Hmotnosť po ukončení expozície v miske bez vzorky	g
m_{vo}	Hmotnosť silikagelu s textilnou vzorkou	g
m_{vz}	Hmotnosť po ukončení expozície miske s textilnou vzorkou	g
Δm	Zmena hmotnosti meracieho pohárika za dobu Δt ($m_{15} - m_0$)	g
Δm	Zmena hmotnosti meracieho pohárika/misky za dobu Δt	g
Δm_{app}	Zmena hmotnosti meracieho pohárika na držaku skúšobného vzorku iba s membránou za dobu Δt	g
Δm_s	Rozdiel hmotnosti prírastok hmotnosti silikagelu bez textílie ($m_{sz} - m_{so}$)	g
Δm_v	Rozdiel prírastku hmotnosti silikagelu s textíliou ($m_{vz} - m_{vo}$)	g
P_{abs}	Absolútna paro-priepustnosť	$g \cdot m^{-2} \cdot t$
P	Priepustnosť vodných pár	$g \cdot m^{-2}$
W_d	Priepustnosť vodných pár	$g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot Pa^{-1}$
WVP	Priepustnosť vodných pár skúšobnou vzorkou	$g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot Pa^{-1}$
WVP _{app}	Priepustnosť vodných pár prístrojom	$g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot Pa^{-1}$
$\bar{\delta} (t)$	Čas bol meraní stopkami na mobilnom telefóne, chyba bola odhadnutá	h

	s ohľadom na časovú reakciu pri meraní	
$\bar{\delta}(t_{app})$	Čas bol meraní stopkami na mobilnom telefóne, chyba bola odhadnutá s ohľadom na časovú reakciu pri meraní, pre membránu	h
t	Čas	h
t	Doba merania	h
Δt	Doba merania 15 minút	h
Δt	Rozdiel doby merania	h
Q_{ved}	Množstvo tepla J, ktoré prejde stenou o ploche $S \text{ m}^2$ ze dobu $\tau \text{ s}$,	$\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \equiv \text{W}$
T_0	Teplota povrchu tela	K
T_0	Teplota povrchu tela – odevu	K
T_1	Teplota povrchu okolitých telies	K
T_1	Teplota vnútornej strany prvej odevnej vrstvy	K
T_2	Teplota vonkajšej (studenej) strany poslednej vrstvy odevu	K
T_v	Teplota vzduchu	K
$\bar{\delta}(d)$	Priemer bol meraný pravítkom	m
$\bar{\delta}(d_{app})$	Priemer bol meraný pravítkom, pre membránu	m
δ	Hrúbka sústavy vrstiev odevu	m
a	Plocha	m^2
a	Plocha	m^2
a	Plocha mercieho poháríka	m^2
a	Plocha otvoru meracieho poháríka	m^2
S	Povrch tela	m^2
S_s	Plocha tela, s ktorého teplo sála	m^2
R_{et}	Odolnosť voči vodným parám	$\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}$
p_{sa}	Tlak nasýtenej vodnej pary pri teplote skúšobnej miestnosti T_a	Pa
p_{sb}	Tlak nasýtenej vodnej pary pri teplote vodného kúpeľa T_b	Pa
p_v miske	Tlak v miske	Pa
p_v pros	Tlak v prostredia	Pa
Δp	Rozdiel parciálneho tlak vodných pár po priechode skúšobnou vzorkou	Pa
Δp	Rozdiel tlakov	Pa
Δp_v	Rozdiel tlakov	Pa
Q_{pr}	Množstvo tepelného toku zdieľaného prúdením	W
Q_s	Množstvo tepelného toku zdieľaného sálaním	W
ΦT_m	Latentné teplo odparovania vody	$\text{W} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$
α_s	Súčiniteľ zdieľania tepla sálaním	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
α_{pr}	Súčiniteľ zdieľania tepla prúdením, tj. Súčiniteľ konvekcie	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
λ	Súčiniteľ tepelnej vodivosti sústavy vrstiev odevu	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Úvod

Predkladaná diplomová práca je zameraná na hodnotenie fyziologického komfortu textílií z pohľadu priepustnosti vodných pár cez vybrané druhy textílií. V súčasnosti existuje množstvo textilných výrobkov, ktoré majú typické vlastnosti, vďaka ktorým sa môžu využívať v rôznych aj extrémnych podmienkach. Textilné výrobky by mali mať také vlastnosti, ktoré by človeku poskytovali čo najvyšší stupeň komfortu, ktorý sa môže prejavovať psychologicky, senzoricky, termofyziologicky a patofyziologicky.

Práca je rozdelená na teoretickú a praktickú časť. V teoretickej časti je opísaný pojem komfort zo zameraním na širšiu definíciu termofyziologického komfortu, ktorý je jedným z dominantných ukazovateľov, kvality textilného výrobku, ktorá sa prejavuje hlavne pri pohybe, či intenzívnejšej námahe človeka.

V praktickej časti sme sledovali paropriepustnosť dvoch textilných materiálov Diaplexu a Dermizaxu.

Diaplex je textília, ktorá je charakteristická tvarovou pamäťou, ktorá bola navrhnutá tak, aby reagovala na špecifickú teplotu zvratu.

Dermizax je paropriepustný materiál, ktorým ľahko prechádza medzimolekulárnymi otvormi v tkanine pot. Je vode odolný, pretože kvapky vody, sú príliš veľké, aby prenikli paropriepustnou membránou.

Cieľom tejto diplomovej práce bolo:

- Vytvoriť rešerš, ktorá by sa týkala hodnotenia fyziologického komfortu a možnosti merania priepustnosti vodných pár cez štruktúru textílií.
- Porovnať dostupné metódy merania transportu vodných pár cez štruktúru tkaniny.
- Navrhnuť experimentálne metódy merania transportu vodných pár a zistené výsledky vyhodnotiť
- Porovnať metódy merania Ret (výparný odpor – odolnosť voči vodným parám) metódami hodnotenia 24 hodinovej priepustnosti

Práca prezentuje výsledky, pri použití niekoľkých metód zameraných na transport vodných par cez textílie. Výsledky meraní boli štatisticky spracované a vyhodnotené.

1. Teoretická časť

Človek sa začal odievať na základe svojich prirodzených potrieb bez toho, aby poznal fyzikálne zákony o prestupe tepla a vlhkosti cez textilnú vrstvu. Dostupné informácie o hodnotení tepelno-izolačných vlastností a prestupe tepla cez textilno-odevné materiály na teoretických základoch sú zhruba z polovice minulého storočia a odvodzovali sa od obecných platných fyzikálnych zákonov o teple. Vplyv zloženia textilných materiálov z vlákien, makromorfologickej štruktúry vlákien a konštrukcie vlákien na prestup tepla a vlhkosti sa začali analyzovať veľmi sporadicky. Až v posledných rokoch minulého storočia v súvislosti s rozmachom nových textilných, odevných a technických materiálov sa začala venovať veľká pozornosť fyziologickým a komfortným vlastnostiam týchto materiálov. [5]

1.1. Odevný komfort

Komfort definujeme ako stav organizmu, pri ktorom fyziologické funkcie organizmu sú v optimálnom stave, pri ktorých okolie organizmu vrátane vplyvu odevu nevytvára žiadne nepríjemné pocity, ktoré by boli našimi zmyslami vnímané. Subjektívne je komfort organizmu vnímaný ako pocit celkovej pohody pri ktorom neprevládajú pocity tepla ani pocity chladu, je to stav pri ktorom je možné v pohode zotrvať a pracovať.

Komfort, je vnímaný ľudskými zmyslami, hmatom, zrakom, sluchom a čuchom okrem chuti.

Diskomfort je stav, ktorý môže nastať zmenou pocitov na teplo, alebo na chlad. Zmeny pocitu na teplo sa prejavujú pri zvýšenom pracovnom výkone organizmu, alebo pri zvýšenej teplote okolitého prostredia, ako aj pri zvýšení vlhkosti prostredia, v ktorom sa organizmus nachádza. Pocity chladu vznikajú ako reakcia na nízku teplotu okolitého prostredia. Pojem komfort môžeme definovať ako absenciu znepokojujúcich až bolestivých vnemov.[1]

Odevní Komfort, je základná, univerzálna potreba zákazníkov, ktorá je definovaná ako príjemný stav vyplývajúci z fyziologickej, psychologickej a fyzickej harmónie.

Všeobecne odevný komfort zaraďujeme do troch rozsiahlych kategórií: estetický komfort, termofyziologický komfort, hmatový komfort. Estetický vzhlľad alebo psychologický komfort je založený hlavne na subjektívnych pocitoch, na módných trendoch, ktoré výrazne ovplyvňujú zákaznícke preferencie.

Termofyziologický komfort sa týka schopnosti tkaniny udržiavať tepelnú rovnováhu medzi ľudským telom a životným prostredím. Vlastnosti odevného materiálu sa posudzujú na základe dvoch dominantných parametrov – tepelného a výparného odporu.

Hmatový komfort je súvisiaci s mechanickým pôsobením medzi odevným materiálom a ľudským telom a je nevyhnutnou požiadavkou na odev[7].

1.2. Psychologický komfort

Je pôsobenie niekoľkých faktorov na ľudský organizmus.

Z pohľadu klimatek pohody by oblečenie, hlavne pracovné a športové malo rešpektovať tepelno-klimatické podmienky ktoré sú dané geograficky.

Ekonomické hľadisko, zahŕňa prírodné podmienky obživy, vyspelosť či formu politického systému, výrobné prostriedky, úroveň technológie a pod.

Historické hľadisko ovplyvňuje psychologický komfort tak, že ľudia uprednostňujú výrobky z prírodných materiálov, čím vznikajú tradície v životnom štýle a móde.

Kultúrne hľadisko zahŕňa ľudové zvyky, obrady, náboženské vplyvy, ktoré ovplyvňujú odev.

Z pohľadu sociálneho postavenia je človek ovplyvnený vekom, vzdelaním a kvalifikáciou a postavením v sociálnej skupine.

Skupinové a individuálne hľadisko, zahŕňa sledovanie a vývoj módných trendov[1].

1.3. Senzorický komfort

Zahŕňa pocity človeka pri priamom kontakte s prvou vrstvou odevu a pokožkou. Môže byť príjemná, ako pocit jemnosti a splývavosti textílie, alebo naopak nepríjemná, dráždivá, ako je tlak, pocit vlhkosti, škrabania, vykasávania, lepenia, a pod [1].

Senzorický komfort je vnímaný dvoma druhmi podkožných receptorov. Jeden druh receptorov vníma chlad, reaguje na pokles teploty pod úroveň 34°C. Druhý typ receptorov

vníma zvýšenú teplotu v rozsahu medzi 38 až 43°C. Receptory sú okrem pokožky umiestnené aj v centrálnej nervovej sústave a v cievach vnútorných orgánov človeka. Najväčší počet termo-receptorov je lokalizovaných v pokožke tváre, na chrbte ruky, najmenej sa ich nachádza na chrbte človeka[3].

1.4. Termofyziologický komfort

Vzniká pri optimálnych životných podmienkach:

- teplota pokožky 33 – 35 °C
- relatívna vlhkosť vzduchu 50±10%
- rýchlosť prúdenia vzduchu 25±10 cm.s⁻¹
- obsah CO₂ 0,07%
- deficit vody na pokožke

Termofyziologický komfort je stav, ktorý vzniká pri tepelnej pohode, pri fyziologickom prekrvení organizmu, kedy nedochádza k poteniu ani k pocitu chladu. Ide o vlastnosť textílie, do akej miery prepúšťa vlhkosť a teplo vytvorené organizmom. Termofyziologický komfort poskytovaný odevom je možno hodnotiť pomocou prístrojov, ktoré presne charakterizujú daný fyzikálny dej, prebiehajúci v podmienkach pokožka – odev – prostredie. [1]

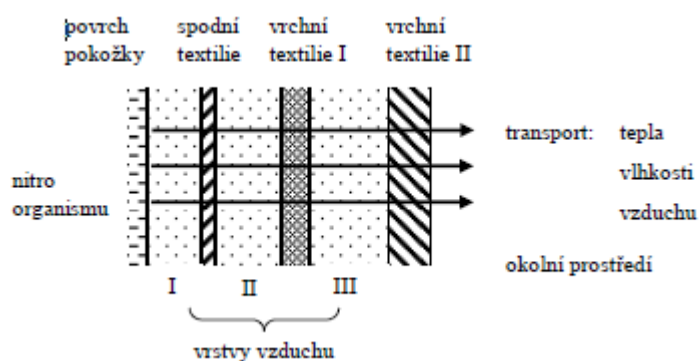
1.5. Patofyziologický komfort

Je stav organizmu, ktorý vzniká pri dlhodobom pôsobení rôznych alergizujúcich faktorov, ktoré vyvolávajú alergiu. Jedna sa o pôsobenie chemických látok, obsiahnutých v textilných materiáloch a mikroorganizmov ktoré produkujú rôzne toxické látky, vyskytujúce sa na ľudskej pokožke. Intenzita alergie je závislá na odolnosti pokožky človeka. Pôsobenie toxických látok na pokožku človeka môže vyvolať kožné ochorenie – dermatózu. Tento stav vzniká vtedy, keď nie sú dodržané základné optimálne hodnoty na konštrukciu odevu, ktorý má mať schopnosť výdaja tepla a vodných pár, ako aj

priedušnosti pri nosení. Odev charakterizujeme, ako ochranný systém ktorý umožňuje prestup tepla a vlhkosti, teda systém ktorý môže uľahčovať alebo brzdiť faktory, čo je závislé na konštrukcii, na strihu, na použitom materiáli a aj ďalších parametroch.

Kvalitný odev napomáha termoregulácii organizmu, hlavne v takýchto prípadoch, kedy organizmus nie je schopný v procese samoregulácie sa o výdaj tepla postarať.

Odev vytvára systém, ktorý je zložený z niekoľkých odevných vrstiev. Každá odevná medzivrstva je elementárnou jednotkou odevného systému, ktorá je zložená z vrstvy vzduchu, vrstvy textílie a z vrstvy vzduchu uzatvoreného v textílii. Tieto tri vrstvy nie je možné posudzovať nezávisle na sebe, z toho dôvodu, že všetky vrstvy sa zúčastňujú na transporte tepla, vlhkosti, vzduchu spoločne, takže fyzikálne vlastnosti každej vrstvy ovplyvňujú stav a vlastnosti ďalších vrstiev v odeve.[1]

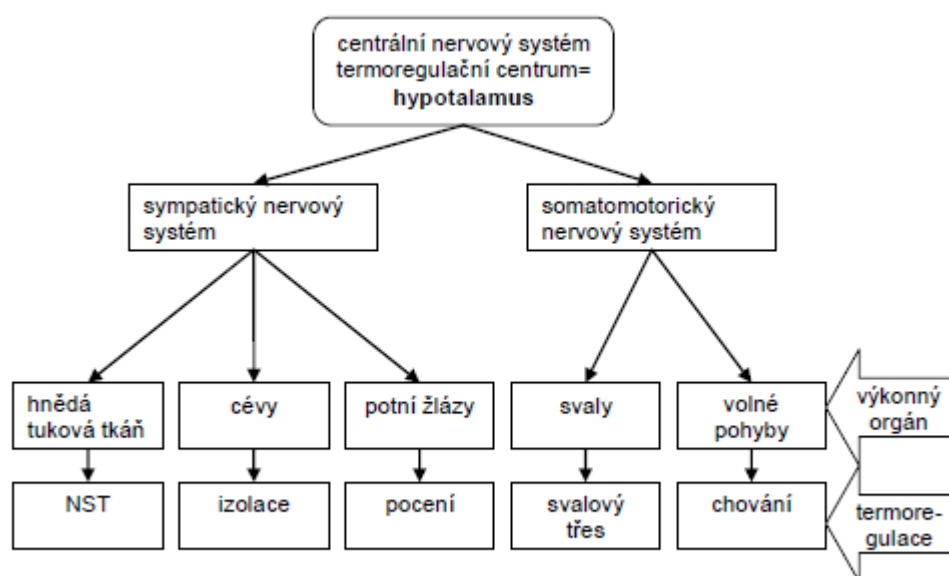


Obrázok 1: Odevný systém obklopujúci I. vzduchovou vrstvou nazývanú mikroklima

2. Termoregulácia

Termoregulácia je schopnosť organizmu udržiavať stálu telesnú teplotu, aj napriek tomu že produkcia tepla, príjem tepla a jeho strata, nepretržite kolíše.

Organizmus človeka predstavuje samoregulačný systém, ktorého fyziologický mechanizmus je zameraný na udržanie stálosti vnútorného prostredia, ktoré sa deje na princípe rovnováhy medzi množstvom tepla vytvoreného v organizme a množstvom tepla ktoré je z organizmu vydané do okolitého prostredia.



Obrázok 2: Schéma odstredivých nervových dráh riadiacich termoregulačné dej človeka

Termoregulačné mechanizmy udržiavajú stálu teplotu vnútorného prostredia organizmu, ktorá kolíše v rozmedzí $\pm 4^{\circ}\text{C}$ teda okolo priemernej hodnoty $36 - 37^{\circ}\text{C}$. Kolísanie telesnej teploty je spôsobené vnútornými, ale aj vonkajšími vplyvmi. Termoregulácia je proces, ktorý zlučuje fyziologické pochody riadene centrálnym nervovým systémom, udržiava telesnú teplotu na optimálnej hodnote, pri ktorej prebiehajú metabolické premeny. Termoregulácia sa delí na dva druhy:

chemická – tvorba tepla,

fyzikálna – vídaj tepla.

Chemická termoregulácia predstavuje látkovú premenu, intenzitu chemických reakcií, a teda tvorbu tepla. Je zároveň závislá na fyzickej záťaži organizmu, na jeho činnosti.

Fyzikálna termoregulácia zahŕňa podiely jednotlivých odvodu tepla z organizmu, teda tvorbu a výdaj tepla. [1]

2.1. Fyzikálna termoregulácia

Fyzikálna termoregulácia zahŕňa jednotlivé existujúce spôsoby odvodu tepla z organizmu do okolitého prostredia. Je to energia, ktorú organizmus nepotrebuje, pretože na udržanie telesnej teploty a bazálneho metabolizmu organizmu má dostatok energie. K výdaju väčšieho množstva tepla dochádza v prostredí s vyššou teplotou ako v prostredí s nižšou teplotou. Organizmus človeka je schopný samoregulácie vyrovnaním množstvo tepla vytvoreného a tepla odovzdaného do okolia. Optimálna teplota organizmu je 37°C, kedy sú všetky funkcie organizmu harmonicky zladené.

Spôsoby prenosu tepla medzi organizmom a okolitým prostredím:

- Kondukciou (vedením)
- Konvekciou (prúdením)
- Radiaciou (žiarením)
- Evaporaciou (odparovaním potu)
- Respiraciou (dýchaním)

2.1.1. Kondukcia (Vedenie tepla)

Výdaj tepla vedením je spôsob prenosu tepla, ktorý je vyvolaný presunom elementárnych častíc, ktoré pri zvýšení teploty začínajú kmitať. Molekuly s vyššou teplotou odovzdávajú pri zrážkach prebytok svojej energie molekulám, s nižšou teplotou. Prenos tepla vedením prebieha u spodného pádla či u odevu, ktoré je v priamom kontakte

s povrchom ľudského tela[8]. S takýmto typom výdaja tepla sa stretávame v tuhých telesách a vo veľmi tenkých nepohybujúcich sa vrstvách kvapalín a plynov[2.]

Pri prenose tepla vedením dochádza až 5% strate tepla za predpokladu, že koža je v kontakte s chladnejším prostredím. Kondukcia je hlavným mechanizmus prenosu tepla v tenkých vrstvách, aké nachádzame v odevných systémoch. Každý materiál má inú hladinu tepelnej vodivosti. Čím je hladina tepelnej vodivosti vyššia, tým je nižší teplotný odpor a materiál sa zdá na ohmat chladnejší [1].

Teplo sa prenáša podľa Fourierovho zákona zo vzorca (1):

$$Q_{ved} = \lambda \frac{T_1 - T_2}{\delta} S \cdot \tau \quad (1)$$

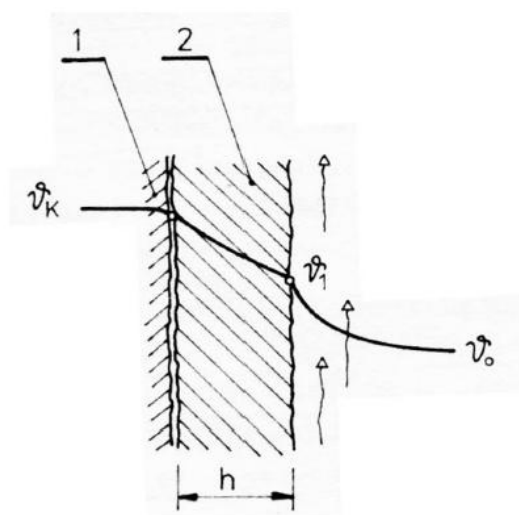
Q_{ved} - množstvo tepla [J], ktoré prejde stenou o ploche S [m²] za dobu τ [s], [$\text{Js}^{-1} \equiv \text{W}$]

λ – súčiniteľ tepelnej vodivosti sústavy vrstiev odevu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

T_1 - teplota vnútornej strany prvej odevnej vrstvy [K]

T_2 -teplota vonkajšej (studenej) strany poslednej vrstvy odevu [K]

δ – hrúbka sústavy vrstiev odevu [m]



Obrázok 3: Zdieľanie tepla vedením : 1- pokožka, textilná vrstva (T)

2.1.2. Konvekcia (Prúdenie tepla)

Prúdením je teplo zdieľané medzi prúdiacou tekutinou a povrchom obtekaného telesa[8]. Prúdenie predstavuje najvýznamnejší prenos tepla medzi človekom a okolitým prostredím. Teplo je prenášané časticami tekutín pohybujúcich sa rýchlosťou v [m/s]. Takto vzniká tzv. tepelná medzná vrstva, ktorá vyvoláva teplotný spád. Hrúbka medznej vrstvy nám určuje spôsob prúdenia, ktoré môže byť:

- laminárne
- turbulentne

Laminárne prúdenie, je prúdenie, pri ktorom sa častice vzduchu, alebo tekutiny pohybujú vo vrstvách rovnobežných so smerom prúdu a navzájom sa nepremiešavajú. Hrúbka tepelnej medznej vrstvy je u tohto typu prúdenia najväčšia, preto prenos tepla nie je výrazný.

Turbulentné prúdenie je prúdenie, pri ktorom jednotlivé častice vzduchu, alebo tekutiny nepravidelne menia rýchlosť a smer, premiestňujú sa z jednej vrstvy do druhej a navzájom sa premiešavajú.

Konvekciu je možno rozdeliť z pohľadu jej vzniku na:

- prirodzenú
- nútenú

Prirodzená konvekcia - nastáva účinkom gravitácie, smer prenosu tepla má zvislý smer. Teplo stúpa nahor, pretože teplejšie kvapaliny a plyny majú menšiu hustotu[1,2].

Nútená konvekcia – prúdenie je vyvolané vonkajšími vplyvmi (ventilátor v miestnosti) čerpadlom pri kvapalinách. Vtedy smer prenosu tepla závisí od smeru prúdenia vzduchu, alebo tekutiny[8].

Zdieľanie tepla prúdením je možno vyrátať na základe Newtonova zákona ochladzovania telies podľa rovnice, ktorá je vo vzorci (2).

$$Q_{pr} = \alpha_{pr} \cdot S \cdot (T_0 - T_v) \quad (2)$$

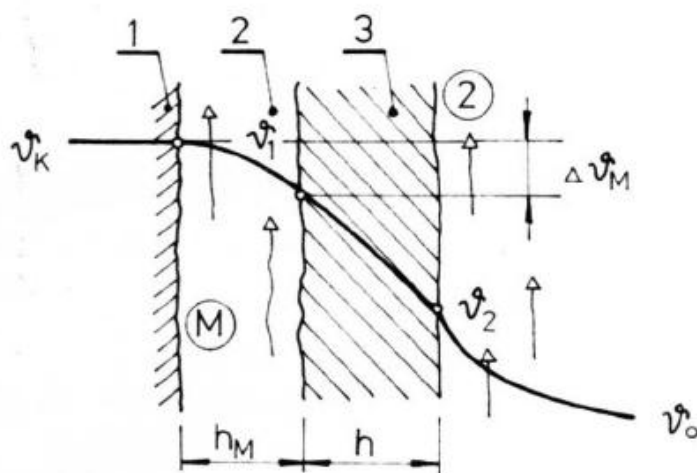
Q_{pr} – množstvo tepelného toku zdieľaného prúdením [W]

α_{pr} – súčiniteľ zdieľania tepla prúdením, tj. súčiniteľ konvekcie [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

S –povrch tela [m^2]

T_0 –teplota povrchu tela [K]

T_v – Teplota vzduchu [K]



Obrázok 4: Zdieranie tepla prúdením: 1- pokožka, 2- textilná vrstva, 3- textilná vrstva

2.1.3. Radiácia (Sálanie tepla)

Prenos tepla žiarením je vyvolaný elektromagnetickým vlnením, ktoré sa šíri v priestore rýchlosťou svetla. Jeho existencia a účinky nie sú podmienené prítomnosťou tepelného média.[3]

Energia týmto prenosom je odovzdávaná tepelným žiarením a závisí na teplote telesa, ktoré energiu vylučuje. Medzi jednotlivými povrchmi s rozdielnou teplotou dochádza ku vzájomnému pôsobeniu kedy dochádza k vyžarovaniu, alebo pohlcovanie tepelnej energie [2]. Podľa vzorca (3).

$$Q_s = \alpha_s \cdot S_s \cdot (T_0 - T_1) \quad (3)$$

α_s - súčiniteľ zdieľania tepla sálaním [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

S_s – plocha tela, s ktorého teplo sála [m^2]

T_0 – teplota povrchu tela – odevu [K]

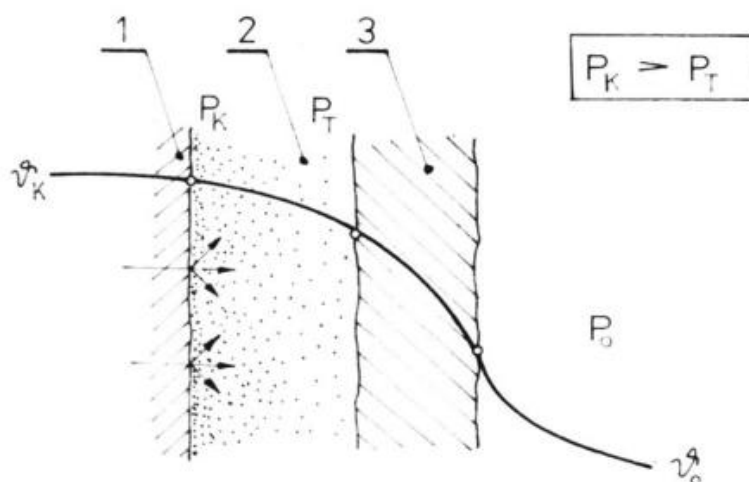
T_1 – teplota povrchu okolitých telies [K]

Q_s – množstvo tepelného toku zdieľaného sálaním [W]

2.1.4. Evaporácia (Prenos tepla odparovaním)

Množstvo tepla, ktoré odchádza z povrchu kože slabým potením a je závislé predovšetkým na mernom výparnom skupenskom teple a na rozdielu parciálnych tlakov vodných pár [8]. Odparovanie je jedným zo spôsobov termoregulácie, ktorý prebieha na základe odparovania vody (potu) z povrchu ľudského tela. Prostredníctvom odparovania dochádza k odberu tepelnej energie tela v množstve asi 2,4 MJ/1,0 l vody. U dospelého človeka dosahuje množstvo odpareného potu asi 450-600ml/den. To platí vtedy, ak sa človek pohybuje v prostredí, kde teplota prostredia je vyššia ako 34°C.

Celkový efekt odparovania závisí od rozdielu parciálneho tlaku tekutiny na povrchu ľudskej pokožky a na aktuálnom parciálnom tlaku v okolitom prostredí [1].



Obrázok 5: Zdieľanie tepla odparovaním: 1-pokožka, 2-textilná vrstva, 3-textilná vrstva

2.1.5. Zdieľanie tepla dýchaním (Respirácia)

Respirácia je odovzdávanie tepla, ku ktorému dochádza pri dýchaní [1]. Odvod tepla je realizovaný dýchacími cestami a jeho množstvo je dané rozdielom vodných pár vdychovaných a vydychovaných [8].

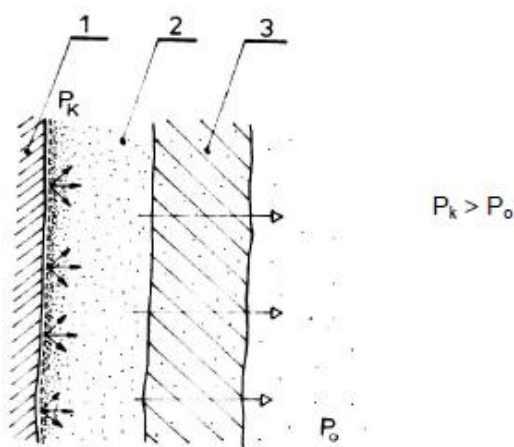
2.2. Odvod vlhkosti z povrchu ľudského tela

Ľudský organizmus produkuje vodu (pot) v rámci termoregulačného procesu. Pri teplote kože do 34°C vylučuje ľudské telo okolo $0,03 \text{ [l}\cdot\text{h}^{-1}\text{]}$ potu. Ak je teplota kože vyššia, koža produkuje až $0,7 \text{ [l}\cdot\text{h}^{-1}\text{]}$. K procesu chladenia kože dochádza iba pri odparovaní potu z povrchu kože. Aby k odparovaniu potu z voľného povrchu kože dochádzalo, musí byť dodržaná jediná podmienka, musí existovať dostatočný rozdiel medzi teplotou obnaženého tela a teplotou prostredia. U oblečeného človeka je proces odvodu vlhkosti zložitejší, pretože je riadený nasledujúcimi procesmi:

- difúziou,
- kapilárnym odvodom
- sorpciou [1].
-

2.2.1. Difúzia

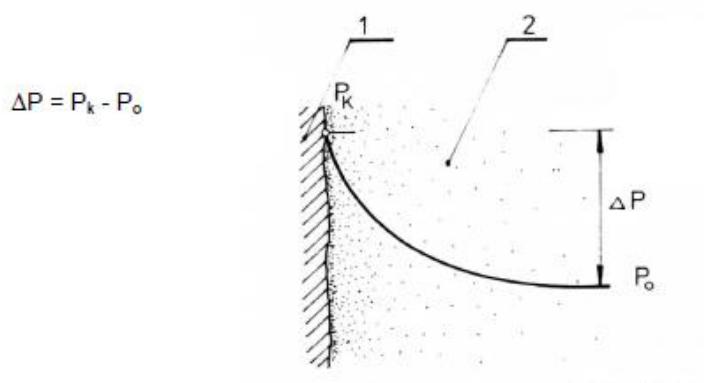
Je proces, pri ktorom dochádza k preštupu vlhkosti z povrchu kože prostredníctvom pórov ich veľkosť kľukatosť sa zúčastňujú na kapilárnom odvode [9]. Vlhkosť preštuje textilom v smere nižšieho parciálneho tlaku vodnej pary. Difúzne odpory jednotlivých odevných vrstiev sa zráťajú. Difúzny odpor výrazne ovplyvňuje odpor aj vzduchových medzivrstiev[1].



Obrázok 6: Difúzia odvodu potu z povrchu pokožky ľudského tela: 1- pokožka, 2- textilná vrstva, 3- kvapky potu

2.2.2. Kapilárny odvod

Tento spôsob spočíva tom že pot v stave kvapalnom je odsávaný prvou textilnou vrstvou jej kapilárnymi cestami vzlína do jej povrchu všetkými smermi alebo je prenášaný do ďalších vrstiev, potom ide o knôtový efekt. Kapilárny odvod je ďalej závislý na zmáčacej schopnosti textílie a vlákien, na povrchovom napätí vlákien a potu [9]. Pre dosiahnutie maximálnej intenzity odvodu vlhkosti, priadza musí byť kompaktná a priestor medzi špeciálne tvarovanými vláknami má byť čo najmenší. Zároveň musí byť adhézia medzi kvapalinou a vláknom čo najmenšia, aby bol v konečnom výsledku zaistený pohyb vlhkosti[1].



Obrázok 7: Rozdiel parciálnych tlakov: 1- pokožka, 2- vonkajšia vzduchová vrstva

2.2.3. Sorpcia

Aby nastal proces sorpcie, musí dôjsť k prieniku potu do neusporiadaných medzimolekulárných štruktúr textilných vlákien a následne k naviazaniu potu na hydrofilné skupiny v molekulovej štruktúre. Sorpcia je najpomalší proces, ktorý je podmienený druhom použitej textílie, za predpokladu, že aspoň čiastočne obsahuje sorpčné vlákna [9]. Prírodné vlákna majú vo všeobecnosti vyššiu sorpciu než vlákna syntetické [1].

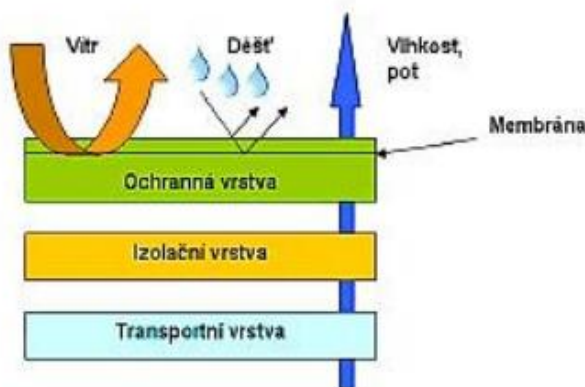
3. Transportné vlastnosti inteligentných textílii

Starý systém odievania pozostával z bavlnenej spodnej bielizne, bavlneného trička a nepremokavej ochrannej vrstvy. Tento systém nemal dobré fyziologické vlastnosti. Moderné systémy sú tvorené z funkčného spodného pádla, tepelnej izolačnej vrstvy a ochrannej vrstvy.

Prvá vrstva – spodné prádlo jej hlavnou funkciou je transportovať pot z kože do ďalších vrstiev.

Druhá vrstva – slúži ako tepelno-izolačná vrstva. Je zo špeciálnych štruktúr, zabezpečuje tepelno-izolačnú funkciu. Niektoré najnovšie flisové materiály majú membránu, ktorá čiastočne zabezpečuje odolnosť voči vetru a vlhkosti. V tomto prípade druhá vrstva zabezpečuje aj ochrannú funkciu a v takomto prípade nie je potrebná tretia vrstva.

Tretia vrstva – slúži ako bariéra medzi ľudským organizmom a vonkajším prostredím. Je najdôležitejšia, má byť vzdušná, nepriepustná a odolná voči vode. Zároveň, táto vrstva musí byť, priepustná pre vodnú paru. Tento fakt je prezentovaný na obrázku (8).



Obrázok 8: Odevné vrstvy a ich funkcie

Komfort materiálov oblečenia je jedným z najdôležitejších aspektov pre všetkých producentov a užívateľov, najmä pri športovom oblečení. Fyziologický komfort je ovplyvnený: vlhkosťou vzduchu pod oblečením, vlhkosťou kože, teplotou vzduchu pod oblečením, teplotou kože, obsahom oxidu uhličitého pod oblečením [6].

4. Meranie priepustnosti vodných pár

Transport vlhkosti cez textílie je dôležitý faktor ktorý ovplyvňuje termofyziologický komfort človeka. Vlhkosť môže byť prenesená cez textilný materiál vo forme pár a tekutín. Analýza vedeckej literatúry ukazuje vysoký a stály záujem o problematiku určenie textilných vlastností, priepustnosti vodných pár. Existujú mnohé metódy pre mieru paropriepustnosti a požiadavky ktoré charakterizujú tento jav. Rôzne druhy skúšobných podmienok, návrhy zariadení a prístupy, ktoré umožňujú pochopiť komplexné štúdium priepustnosti vodných pár. Avšak, tam je problém s porovnávaním číselných hodnôt vyjadrených rôznymi technikami, čo znamená výsledky v rôznych jednotkách [10].

Textílie má zložitú, poréznu štruktúru, paralelných pórov alebo nahromadených paralelných poréznych štruktúr. Prenos tepla a vlhkosti cez textil je ovplyvnený jeho štruktúrou.

Priepustnosť vodných pár je schopnosť textílií prepustiť vodu v podobe vodných par z priestoru obmedzeného daným materiálom [4].

Prestup vodných pár závisí na sorpčných a transportných vlastnostiach, odevných materiálov, na pórovitosti textílií, na dostave tkaniny, na povrchovej úprave a na konštrukčnom riešení odevov[2].

4.1. Gravimetrická metóda

Zisťuje relatívnu priepustnosť vodných par podľa normy ČSN 80 0855. Princíp tejto metódy sa zakladá na tom že vodné páry prechádzajúce za daných podmienok plošnou textíliou sú absorbované vysušovadlom, stanovuje sa jeho prírastok hmotnosti. Paralelne sa zisťuje absorpcia vodných pár, v miske so vzorkou textílie a pre porovnanie v miske bez textílie.

Z materiálu vysekneme pomocou raznice kruhovú vzorku o priemere 71,4 mm. Pomocou tesniaceho krúžku a viečka, vzorku upevníme na ľahkú hliníkovú misku kruhového tvaru s plochou $S=30\text{cm}^2$. Skúšobné misky naplnené odváženým množstvom $30 \pm 0,1$ g dopredu vysušeného silikagelu, rovnomerne rozloženého sa vloží do sušiarne s odklopenými viečkami na 4 hodiny pri teplote 140 °C. Po 4 hodinách sa vyberú

a nechajú pol hodiny vychladnúť. Potom sa na presných analytických váhach, zistí hmotnosť misky, a takisto sa zvažia misky po expozícii v klimatizovanej komore.

Expozícia v klimatizačnej komore sa prevádza za ustálených skúšobných podmienok: teplota $T = 20 \pm 2$ °C relatívna vlhkosť $\Phi = 65 \pm 2$ %, maximálna rýchlosť prúdenia vzduchu 0,2 m/s v mieste skúšobných misiek. Meranie trvá 3hodiny. [13]

U každého druhu skúšanej textílie sa prevádzajú zároveň skúšky na 5 vzorkách a rovnaký počet porovnávacích skúšok v miskách bez vzoriek [13].

Výpočet:

$$P\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^5 \Delta m_v}{\sum_{j=1}^5 \Delta m_s} \cdot 100 \% \quad (4)$$

Δm_v [g] – prírastok hmotnosti vysúšadla s textíliou ($m_{vz} - m_{vo}$)

Δm_s [g] – prírastok hmotnosti vysúšadla bez textílie ($m_{sz} - m_{so}$)

Absolútna paropriepustnosť, P_{abs} [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$] podľa vzťahu (5) [2]:

$$P_{abs} = \frac{(g_2 - g_1)}{a \cdot t} \quad (5)$$

g_1 - váha misky so vzorkou pred expozíciou v klimatizovanej komore [g]

g_2 - váha misky so vzorkou do exponovaní v klimatizovanej komore [g]

a – plocha [m^2]

t – čas [h]

4.2. Metóda DREO

Vzorka textílie je upevnená medzi dve polopriepustné vrstvy. Pod spodnou vrstvou je voda, oddeľuje vzorku od priameho kontaktu s ňou, nad vrchnou vrstvu prúdi suchý vzduch a tiež má pre vzorku ochrannú funkciu. Voda je zahrievaná a tým pretváraná na vodné pary, ktoré prechádzajú najskôr prvou polopriepustnou vrstvou, potom vzorkou materiálu podľa jeho schopnosti prepúšťať vodnú paru, následne prechádza druhou polopriepustnou vrstvou a prúdením vzduchu je odvádzaný preč. Strata množstva vody v tomto prípade nie je zisťovaná rozdielom hmotnosti tekutiny, ale je odčítaná zo stupnice na sklenenej kapiláre. Meranie sa vykonáva po dobu 15 min [1].

4.3. Skin model

Skin model, alebo simulátor potiacej sa ľudskej pokožky pracuje na princípe vyhrievanej a zvlhčovanej poréznej doske. Tu dochádza k prenosu tepla a hmoty, rovnako ako medzi ľudskou pokožkou a okolím. Meranie sa vykonáva v klimatizovanom laboratóriu, je riadené pomocou počítačového softwaru. Meraná plošná textília je upevnená pomocou dvoch rámčekov na meraciu podložku a je zakrytá vekom. Pri meraní odolnosti prieniku vodných par je potrebné na meraciu dosku vložiť celofánovú membránu. V meracom priestore je udržiavaná presná teplota testovacej podložky $35 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Takúto teplotu má vzduch prúdiaci okolo vzorky, ako aj porézna doska. Pri meraní prechádza vodná para podložkou a testovanou textíliou do vzduchového kanálu, kde je kontaktné prúdenie vzduchu z rýchlosťou $1[\text{m.s}^{-1}]$. Riadenie merania, monitorovanie podmienok, výpočet a uloženie výsledkov testu sa vykonáva na to určeným počítačovým programom. [1,3]

Skúška za stacionárnych podmienok:

Skúšobná vzorka sa umiestni na vyhrievanú elektrickú dosku o teplote 35°C , ktorá je obtekaná paralelne s jeho povrchom, vzduchom prúdiacim rýchlosťou 1m.s^{-1} , pri teplote 35°C (pri meraní priepustnosti vodných pár). Počas niekoľkých hodín dochádza k ustáleniu podmienok. Na spodnej časti je doska prekrytá celofánovou membránou, ktorá prepúšťa vodné pary, ale nie vodu. Táto membrána simuluje suché potenie. Voda je privádzaná k doske, pôsobením tepla tvorí vodnú paru, ktorá prechádza cez membránu ku vzorke. Podľa

priepustnosti textílie para uniká von alebo zostáva vo vnútri textílie. Keď para uniká, teplota dosky má tendenciu klesať. Aby bola zachovaná potrebná teplota, musí sa zvýšiť príkon, ktorý je hlavným ukazovateľom, nakoľko podľa hodnoty stúpania príkonu sa vypočítava paropriepustnosť textílií.

Nevýhodou tejto metódy je vysoká tepelná zotrvačnosť celého zariadenia. Z toho vyplýva že jedno meranie môže trvať viac ako jednu hodinu. Počas tejto doby dochádza veľmi často ku kondenzácii vodných par vo vzorke, čím môže byť konečný výsledok merania skreslený.

Skúška za nestacionárnych podmienok:

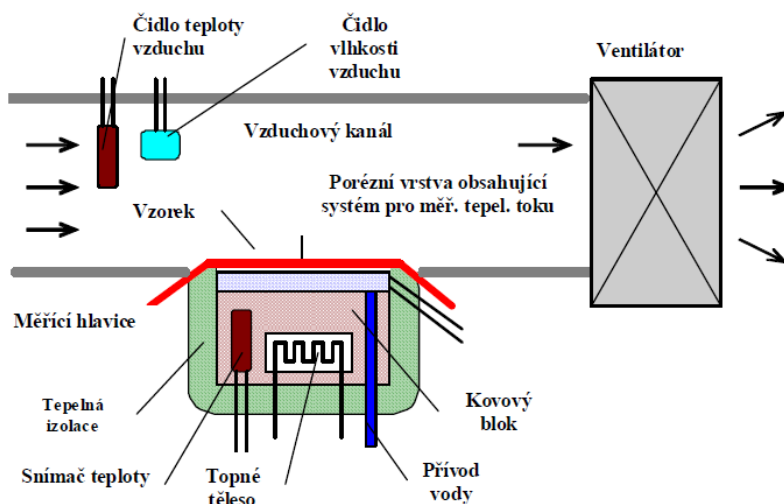
Pomocou Skin modelu sa meria regulačný účinok parnej fázy, ktorá určuje komfort nosenia textílií najbližších k pokožke za podmienok intenzívneho potenia, kedy sa pot ešte z potných kanálikov stačí vypariť. Tento dej sa dá simulovať pomocou hydrofilnej navlhčenej tkaniny, ktorá je umiestnená na kovovej poréznej doske, ktorej teplota je 35°C, celkom 4cm³ vody. Pôsobením tepla sa voda odparuje. Meracie sondy vo vzduchovom priestore medzi poréznu dosku a vzorkou merajú časový priebeh teploty a vlhkosti podľa nastaveného režimu impulzu potenia. [2] Nad voľným priestorom vo vzdialenosti 10 mm je upevnená vzorka v ráme, ktorá vlhkosť odparuje, alebo ju pohlcuje. Aby bola simulácia ľudského tela dokonalejšia, vzorka sledovaného materiálu sa pomocou elektricky poháňaných nití pohybuje. Nad vzorkou prúdi vzduch, ktorého teplota je 25°C [1].

4.4. Permetest

Touto metódou sa meria výparný odpor, paropriepustnosť a tepelný odpor textílií. Je to prístroj zostrojený na báze Skin modelu, ktorý simuluje potenie (Obr.8).

Tento prístroj bez mechanického poškodenia materiálu zmeria výparný odpor a priepustnosť vodných pár za niekoľko minút. Povrch modelu je porézny a zvlhčovaný. Na tento povrch je cez separačnú fóliu priložená vzorka a jeho vonkajšia strana je ofukovaná. Meracia hlavica je pri meraní výparného odporu a paropriepustnosti pomocou elektrickej výhrevnej špirály a regulátoru udržiavaný pri teplote okolitého vzduchu (20-23°C), ktorý je nasávaný do prístroja. V prístroji sú zaistené izotermické podmienky.

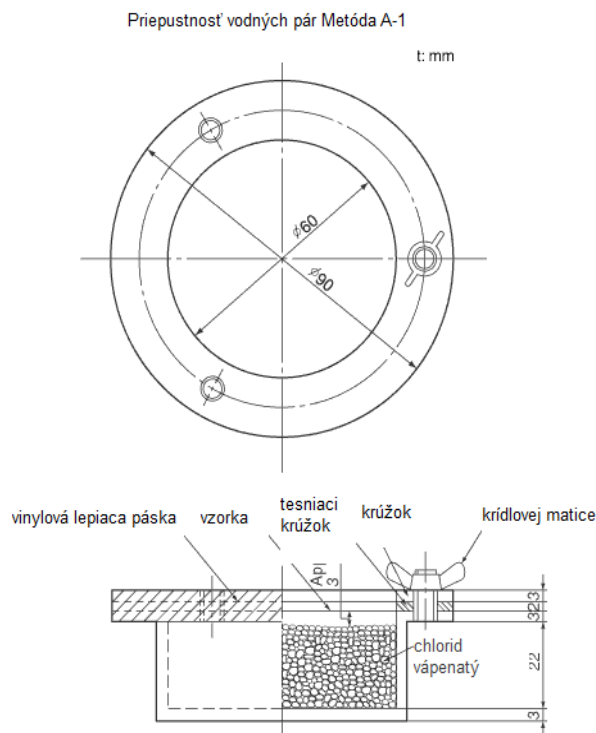
Pri meraní sa vlhkosť v poréznej vrstve mení na paru, ktorá prechádza cez separačnú fóliu a textilnou vzorkou. Výparný tepelný tok je snímaný, jeho hodnota je nepriamo úmerná výparnému odporu a priamo úmerná paropriepustnosti textílií. V oboch prípadoch sa meria tepelný tok bez vzorky, potom znova so vzorkou a prístroj registruje zodpovedajúci tepelný tok. Merací prístroj Permetest musí byť pred každým meraním skalibrovaný príslušnou kalibračnou textíliou [1,4].



Obrázok 9: Schéma permetestu

4.5. Metóda A-1 (Metóda chloridu vápenatého)

Vezmeme tri kruhové skúšobné vzorky z materiálu ktorý chceme testovať, každý má kruhový priemer približne 7cm. Predhrejeme paropriepustný pohár na približne 40°C, naplníme čínidlom absorpcie vlhkosti, až po 3 mm od horní časti pohára. Ďalej umiestnime skúšobnú vzorku jeho lícnou stranou v smere k čínidlu ktoré absorbuje vlhkosť a nasmerujeme ho tak, aby sa presne prekryvali s paropriepustným pohárom. Priložte tesniacu podložku a krúžok na skúšobnú vzorku a zafixujte pomocí krídlovej matice. Nakoniec utesnite obvod tesniacej podložky a krúžku vinylovou lepiacou páskou. Umiestnite toto testovacie zariadenie do klimatizovanej komory, v ktorej cirkuluje vzduchu o teplote $40 \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 5\%$ RH. Po hodine odoberie „testovacie zariadenie“ a ihneď odvážite jeho hmotnosť a_1 (mg). Opäť dejte toto testovacie zariadenie do klimatizovanej komory, vyberte ho po ďalšej hodine a okamžite zvažte hmotnosť a_2 (mg) [11].



Obrázok 10: Nákres pohárika pre metódu A-1

Výpočet: Pre priepustnosť vodných pár podľa normy JIS L 1099, ISO2528 podľa vzorca (6)

$$P = \frac{10 \cdot (m_1 - m_2)}{a} \quad (6)$$

m- hmotnosť (mg)

P- priepustnosť vodnej pary [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$]

a- Plocha priepustnosti vodných par [cm^2]

4.6. Metóda B1 (metóda –octan draselný)

Pri tejto metóde použijeme kruhovú vzorku kt. sa umiestni do kruhového držiaka spoločne s hydrofóbnou membránou neprepúšťajúcou vodu, ale s vysokou priepustnosťou vodných pár. Potom sa vloží do vodného kúpeľa, tak že je membrána v kontakte s vodou. Takto sa ponechajú po dobu 15 min. Pohár obsahujúci nasýtený roztok octanu draselného, vytvárajúci relatívnu vlhkosť približne 23% na povrchu skúšobnej vzorky

a zakrytý druhým dielom rovnakej membrány sa zväži a potom sa umiestni nad skúšobnú vzorku do kruhového držiaku tak že membrána je v kontakte so skúšobnou vzorkou. Tu prebieha transport vodných pár skúšobnou vzorkou z vodnej fázy do pohárika. Po 15 min. sa pohárik vyberie a znovu zväži. Súčasne prebieha skúšobná skúška bez skúšobnej vzorky pre stanovenie priepustnosti vodných pár použitým dvoch membrán, teda priepustnosť vodných par prístrojom. Potom sa vypočíta priepustnosť vodných pár skúšobného vzorku, s korekciu vplyvu dvoch použitých membrán [12,13].

Výpočet:

Na výpočet priepustnosti vodnej pary použijeme nasledujúci vzorec (7)

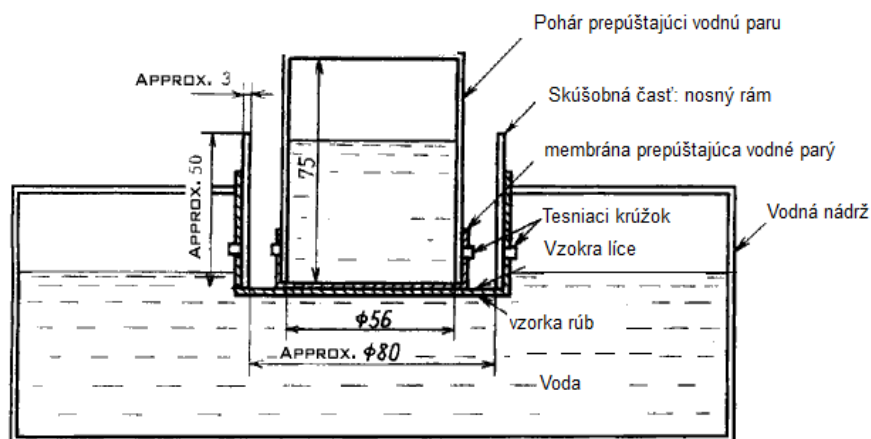
$$P = \frac{40 \cdot (m_1 - m_2)}{a} \quad (7)$$

m - hmotnosť (mg)

P - priepustnosť vodnej pary [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$]

a - plocha priepustnosti vodných par [cm^2]

Test s prevráteným pohárom



Obrázok 11: Schéma metódy B-1

5. Experimentálna časť

Úlohou experimentu bolo porovnať rôzne metódy merania priepustnosti vodných pár cez textil. Za týmto účelom sme vybrali niekoľko metód, ktoré umožňujú merať priepustnosť vodných pár. Testovali sme metódy skin model: SGHP, PS-2, Permetest, Gravimetrickú metódu, Metódu B-1 ktorú skúšali na katedre prvý krát. Namerané údaje sú zaznamenané v tabuľkách, ktoré sme porovnali a vyhodnotili. Použili sme textilné materiály Dermizax a Diaplex,

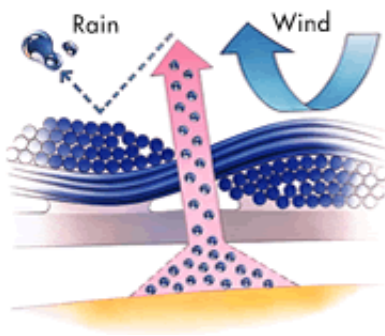
Meranie sme prevádzali na Katedre odevníctva, Technickej univerzity v Liberci.

5.1. Popis materiálu

5.1.1. Dermizax

Materiál je vyrábaný firmou Toray (Japonsko). Je paropriepustný pre pot a paru, ľahko prechádza medzimolekulárnymi otvormi v tkanine. Je vodeodolný, pretože kvapky vody, sú príliš veľké, aby prenikli membránou [18].

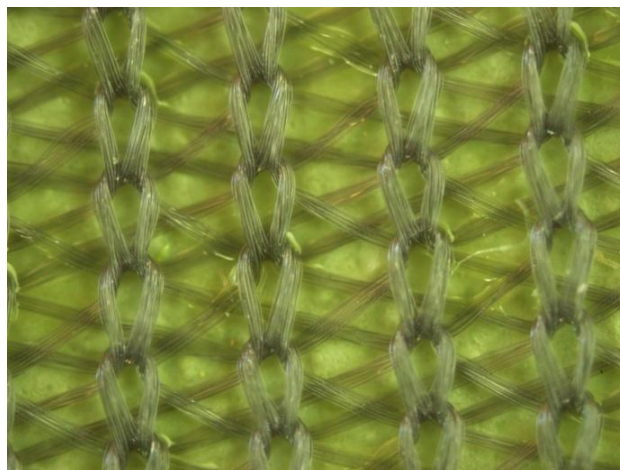
Vodeodolnosť:	20 00 mm H ₂ O alebo vyšší
Priepustnosť vlhkosti:	4 000g/ m ² / 24hod. alebo vyšší 10 000g/m ² /24hod.(2-vrstvový) alebo vyšší 8 000g/m ² /24hod.(3-vrstvový) alebo vyšší
Kondenzácia:	5g/m ² alebo nižšia
Vodoodpudivosť:	80 bodov alebo viac (po 20 pracích cykloch)



Obrázok 12: Schéma fungovania membrány Dermizax

Lícna strana:**Tkanina, väzba:** plätno**Materiálové zloženie:** 100% Polyester
(PL)

Obrázok 13: Dermizax lícna strana

Rubná strana:**Osnovná pletenina:** Šarme – trikot, súkno**Materiálové zloženie:** 100% polyamid
6.6 (PA 6.6)**Membrána:** 100% Polyuretánová
membrána ktorú vidíme pod pleteninou na
obr. (13).

Obrázok 14: Dermizax rubná strana

5.1.2. Diaplex

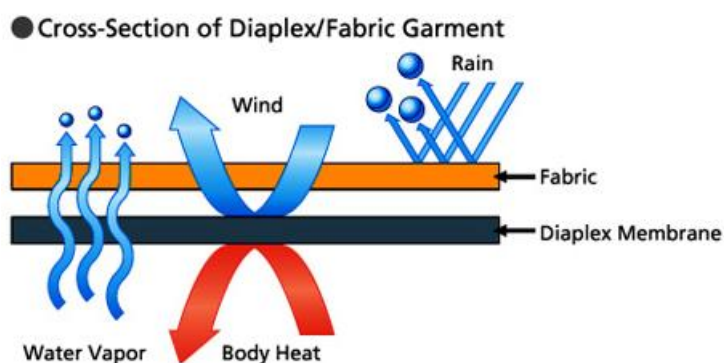
Firma Mitsubishi Corporation Fashion vyvinula veľmi zaujímavú technológiu, ktorou vytvára pamäťový polymér založený na báze polyuretánu.

Tento materiál s tvarovou pamäťou sa skladá z ultra tenkej neporéznej polymérnej membrány, ktorá je navrhnutá tak, aby reagovala na špecifickú teplotu zvratu. Na základe dosiahnutia teploty zvratu (ktorá vzniká počas namáhavej telesnej činnosti, alebo pri zmene vonkajšej teploty) vnútorná vrstva odevu - membrána, sa automaticky stáva viac vode odolná alebo viac vode priepustná. [19]

Diaplex Laminácia: 3-vrstvový

Vodeodolnosť: 10 – 20 000mm (JIS 1092 L)

Priepustnosť vlhkosti 10 - 20 000 g, (JIS 1099 B-1)

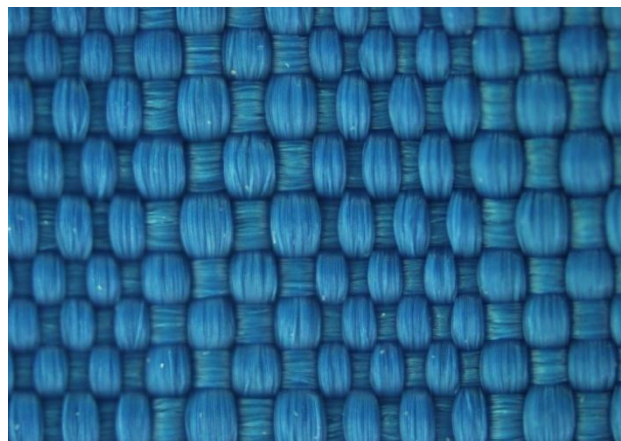


Obrázok 15: Schéma membrány Diaplex

Lícna strana:

Tkanina - väzba: Ripstop – pravidelné zosilnene, nite v osnove a v útku zvýšenie odolnosti proti pretrhnutiu

Materiálové zloženie: 100% polyamid 6.
(PA 6)



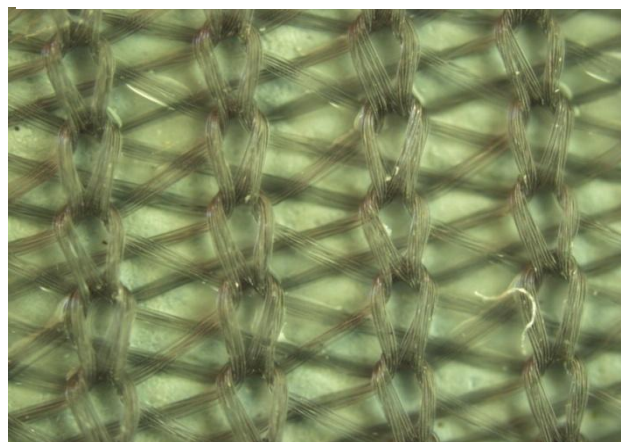
Obrázok 16: Diaplex lícna strana

Rubná strana:

Osnovná pletenina: Šarme – trikot, súkno

Materiálové zloženie: 100% polyamid 6.6
(PA 6.6)

Membrána: 100% polyuretán, ktorá je viditeľná na obrázku (17) pod pleteninou



Obrázok 17: Diaplex rubná strana

6. Merania

6.1. Gravimetrickou metódou

Z uvedenou metódou sa zisťuje, relatívnu priepustnosť vodných par podľa normy ČSN 80 0855. Účelom skúšky je kvantitatívne určiť mieru schopnosti plošnej textílie neklásť odpor unikaniu vlhkosti vznikajúcej na povrchu ľudského tela, do okolitého prostredia. Princíp tejto metódy je v tom, že vodné pary prechádzajúce za určitých podmienok plošnou textíliou sú pohlcované vysušovadlom.

K meraniu potrebujeme:

a/ Ľahké hliníkové eloxované skúšobné misky kruhového tvaru zo skúšobnou plochou 30 cm² (priemer 61,9 mm) (0,003 m²).

b/ Matice zo závitom a tesniacim krúžkom zo silikónovej gumy pre tesnenie vzorku.

c/ Viečka na skúšobné misky – k zmenšeniu zmeny hmotnosti pri vybratí misiek z klimatizačnej skrine.

d/ Raznicu o priemere 71,4 mm k vyseknutiu kruhových vzoriek z plošnej textílie. Vzorky sa vystrihujú z plošnej textílie 10 cm od okraja tkaniny podľa normy ČSN 80 0072 a sú upravené do požadovaného kruhového tvaru o aktívnej ploche 30 cm². Na experiment sa pripraví 5 skúšobných vzoriek, z každého druhu textilného materiálu .

e/ Vysušovadlo silikagel T podľa normy ON 65 4655 stredne porézne o zrnitosti 0,4 až 1,6 mm.

Podmienky pri skúške:

Expozícia v klimatizovanej komore sa prevádza za ustálených skúšobných podmienok:

- teplota $T = 20 \pm 2$ °C
- relatívna vlhkosť $\Phi = 65 \pm 2$ %,
- maximálna rýchlosť prúdenia vzduchu 0,2 m/s v mieste skúšobných misiek.

U každého druhu skúšanej textílie sa prevádzajú skúšky na 5 vzorkách a súčasne sa použije rovnaký počet porovnávacích skúšok v miskách bez vzoriek. [13].

Postup skúšky:

Skúšobné misky sú naplnené $30 \pm 0,1$ g dopredu vysušeného silikagelu, ktorý je rovnomerne rozložený, takto sa vloží do sušiarne s odklopenými viečkami na 4 hodiny pri teplote 140°C . Po tejto expozícii sa skúšobné misky vyberú zo sušiarne a nechajú sa pol hodiny vychladnúť.

Po vychladnutí sa uvoľnia matrice, vložia sa dopredu 24 hodín klimatizované skúšobné vzorky do 5 misiek, ktoré sa okamžite zatvoria viečkami, zvážia sa s presnosťou 10^{-4} g, čím sa zistí hmotnosť silikagelu s textilnou vzorkou m_{vo} . Kontrolné misky slúžia na porovnanie, pripravia sa rovnakým spôsobom, zvážia sa čím sa zistí hmotnosť silikagelu u misiek bez textílie m_{so} .

Po zistení hmotnosti sa misky okamžite vložia do klimatizovanej komory za daných podmienok (ktoré sú vyššie uvedené). Odklopia sa viečka a exponujú po dobu 3 hodín.

Po ukončení expozície sa skúšobné misky tesne zatvoria viečkami, vyberú sa s klimatizačnej komory a po vyrovnaní teploty s teplotou prostredia sa zvážia. Získame hmotnosť m_{vz} – v skúšobnej miske s textilnou vzorkou, a m_{sz} v miske bez vzorky.

Rozdiel hmotnosti je prírastok hmotnosti silikagelu bez textílie Δm_s , a prírastok hmotnosti silikagelu s textíliou Δm_v . Rozdiel hmotností zodpovedá množstvu pár absorbovanému silikagelom. [13].

Pre lepšie porovnanie s ostatnými metódami a pre výpočet podľa rovnice (9) potrebujeme vedieť vlhkosť prostredia $\varphi_{pros.} = 65\%$ a vlhkosť v miske $\varphi_{miske} = 0\%$. Tlak prostredia $p_{vpros.} = 1519$, tlak v miske $p_{vmiske} = 0$. S čoho vypočítame rozdiel tlakov $\Delta p_v = 1519$ [Pa].



Obrázok 18: Mištička so silikagelom

Výpočet podľa ČSN 80 0855, vzorec (8):

$$P\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^5 \Delta m_v}{\sum_{j=1}^5 \Delta m_s} 100 \% \quad (8)$$

Použili sme aj vzorec W_d aby sme mohli porovnávať aj s metódami R_{et} (9):

$$W_d = \frac{m_{vz} - m_{v0}}{a \cdot \Delta t \cdot \Delta p_v} [\text{g/m}^2 \text{ h Pa}] \quad (9)$$

Tabuľka 1: Namerané hodnoty pred a po meraní, Dermizax

Dermizax	pred tex [g]	pred bez tex [g]	po tex [g]	po bez tex [g]
	86,2036	87,2164	86,4028	88,0206
	89,2214	84,5183	89,4275	85,4048
	86,5963	83,5386	86,7998	84,1794
	85,4465	84,8364	85,6486	85,7264
	84,5183	82,73	84,6035	83,6554
\bar{x}	86,3972	84,5679	86,5764	85,3973
σ	1,7669	1,6975	1,8001	1,6961
V	2,0451	2,0073	2,0792	1,9862
95% IS	1,5487	1,4879	1,5778	1,4867

Výsledky meraní pre materiál Dermizax podľa vzorca 8,9.

$$P\bar{x} = 21,606 \%$$

$$P = 0,013 [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}]$$

Tabuľka 2: Namerané hodnoty pred a po meraní, Diaplex

Diaplex	pre z tex. [g]	po tex. [g]	pred bez tex. [g]	po bez tex. [g]
	88,3508	88,6142	89,0162	90,1754
	91,241	91,4979	86,8528	88,0184
	88,5463	88,712	85,556	86,6721
	87,5855	87,85	86,981	88,2842
	86,1697	86,4219	85,1245	86,3368
\bar{x}	88,37866	88,6192	86,7061	87,89738
σ	1,8527	1,8517	1,5213	1,5240
V	2,0964	2,0895	1,7545	1,7338
95% IS	1,6239	1,6231	1,3335	1,3358

Výsledky meraní pre materiál Diaplex podľa vzorca 8 a 9.

$$P\bar{x} = 21,854 \%$$

$$P = 0,019 [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}]$$

6.2. Skin modelom

Označovaný ako model kože využíva teplú doštičku pre skúšku potenia je popísaná v norme ČSN EN 31 092. Model napodobňuje proces prenosu tepla a hmoty ku ktorému dochádza v ľudskej koži. Meranie, zahŕňa jeden alebo obidve procesy môžu sa realizovať samostatného alebo za súčasne využitia meniacich sa vonkajších podmienok zahrnujúcich kombináciu teploty, relatívnej vlhkosti, rýchlosti prúdenia vzduchu v kvapalnej alebo plynnej fáze. Namerané hodnoty prenosu môžu odpovedať rozdielnym podmienkam okolia a podmienkam nosenia, v premenlivých a aj v ustálených stavoch.

Odolnosť voči vodným parám

Odolnosť voči vodným parám, R_{et} je rozdiel tlaku vodných pár medzi dvoma povrchmi materiálu, delený výsledným výparným tepelným tokom na jednotku plochy v smere gradientu. Výparný tepelný tok sa môže skladať jednak z rozptýlených, ale aj z konvenčných zložiek. Odolnosť voči vodným parám R_{et} je vyjadrená v $\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}$ je veličina špecifická pre textilné materiály alebo kompozity, ktorá je definovaná ako „latentný“ výparný tepelný tok prechádzajúci danou plochou, odpovedajúci ustálenému použitému tlakovému gradientu pary.

Priepustnosť vodných pár

Priepustnosť vodných pár W_d [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] vlastnosť textilného materiálu závislá na odolnosti voči vodným parám a teplote. Stanovená podľa rovnice (10):

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \cdot \Phi T_m} \quad (10)$$

Kde ΦT_m je latentné teplo odparovanie vody pri teplote meracej jednotky T_m napr. 0,672 W.h/g pri teplote $T_m = 35^\circ\text{C}$.

Teplný chránič s reguláciou teploty

Teplný chránič musí byť z materiálu s vysokou tepelnou vodivosťou, a musí obsahovať elektricky vyhrievané elementy. Svojou funkciou má zabráňovať unikaniu tepla zo strán a zo spondej časti meracej jednotky.

Hrúbka tepelného chrániča musí byť minimálne 15 mm. Medzera medzi vrchnou stranou tepelného chrániča a kovovou doštičkou meracej jednotky nesmie byť väčšia než 1,5 mm.

Teplota tepelného chrániča T_s meraná teplotnou sondou musí byť udržiavaná pomocou regulátora na rovnakej úrovni ako je teplota meracej jednotky T_m v rozmedzí $\pm 0,1$ °C.

Skúšobný priestor

Meracia jednotka a teplý chránič sú zabudované v skúšobnom priestore, v ktorom je teplota, vlhkosť a prúdenie okolitého vzduchu regulované. Klimatizovaný vzduch musí byť vedený tak aby prúdil paralelne s vrchným povrchom meracej jednotky a tepelným chráničom. Výška vývodu potrubia nesmie byť menšia ako 50 mm. Teplota tohto prúdu vzduchu T_a musí byť regulovaná s presnosťou 0,1 °C po dobu trvania skúšky. Pre meranie tepelnej odolnosti a odolnosti voči vodným parám sú dostačujúce hodnoty $100 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}$ s presnosťou $\pm 0,5$.

6.2.1. Meranie na prístroji SGHP

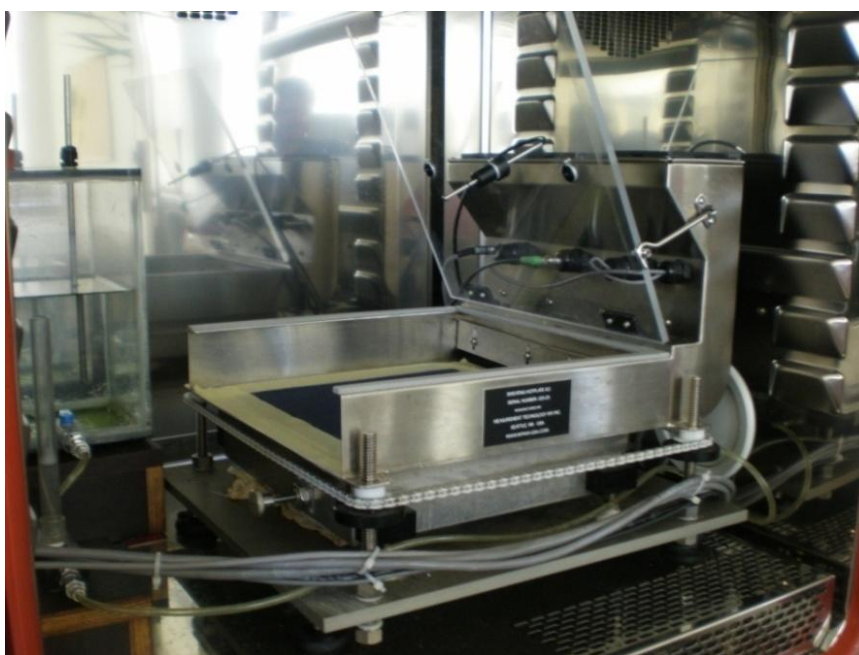
Patrí medzi metódy skin model, realizuje sa podľa normy ČSN EN 31 092. Prístroj „Sweating guarded hot plate“- (SGHP) je umiestnený v klimatizovanej komore. Priebeh merania: Vyhrievanú doštičku prikryjeme membránou ktorú predtým navlhčíme uložíme ju tak aby na povrchu neboli žiadne bubliny. Vzorku vložíme na membránu, vďaka membráne nie je v priamom kontakte s vodou. Potom uzavrieme klimatizovanú komoru, nastavíme požadované podmienky:

- teplota $T = 35 \pm 0,2$ °C
- relatívna vlhkosť $\varphi = 40$ %.

Po uzavretí komory sa zariadenie temperuje približne 30 minút a meranie trvá cca 30 min. Výsledky sú zaznamenávané počítačovým programom, ktorý nám poskytne hodnotu R_{et} (odolnosť voči vodným parám) čo nám umožní vypočítať, W_d (priepustnosť vodných pár) Podľa vzorca(10).

Na uskutočnenie experimentu potrebujeme minimálne 3 vzorky z každej skúšobného materiálu. Vzorky majú mať veľkosť 300 x 300 [mm].

Na experiment sme použili materiál Dermizax namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 3 a Diaplex v tabuľke 4.



Obrázok 19: Prístroj SGHP- skin model

Tabuľka 3: Odolnosť voči vodným parám, pre materiál Dermizax

Dermizax	R_{et}
1.	9,887
2.	9,902
3.	10,652
4.	10,119
5.	10,434
6.	12,875
7.	11,615
\bar{x}	10,783
σ	1,098
V	10,178
IS 95 %	0,813

Priemerná hodnota z tabuľky a výpočet podľa vzorca 10 priepustnosť vodných pár pre materiál Dermizax.

$$\bar{x} R_{et} = 10,783 \text{ [m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}\text{]}$$

$$W_d = 0,138 \text{ [g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}\text{]}$$

Tabuľka 4: Odolnosť voči vodným parám, pre materiál Diaplex

Diaplex	R_{et}
1.	14,46
2.	18,52
3.	15,14
4.	18,33
5.	19,994
6.	11,379
7.	13,24
8.	16,87
9.	19,54
10.	13,85
11.	16,65
\bar{x}	16,179
σ	2,789
V	17,238
IS 95 %	1,648

Priemerná hodnota z tabuľky a priepustnosť vodných pár výpočet tiež podľa vzorca 10, materiál Diaplex.

$$\bar{x} R_{et} = 16,179 \text{ [m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}\text{]}$$

$$W_d = 0,092 \text{ [g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}\text{]}$$

6.2.2. Meranie prestupu vodných pár na prístroji PSM – 2

Meranie sa vykonáva podľa normy ČSN EN 31 092.

Postup merania:

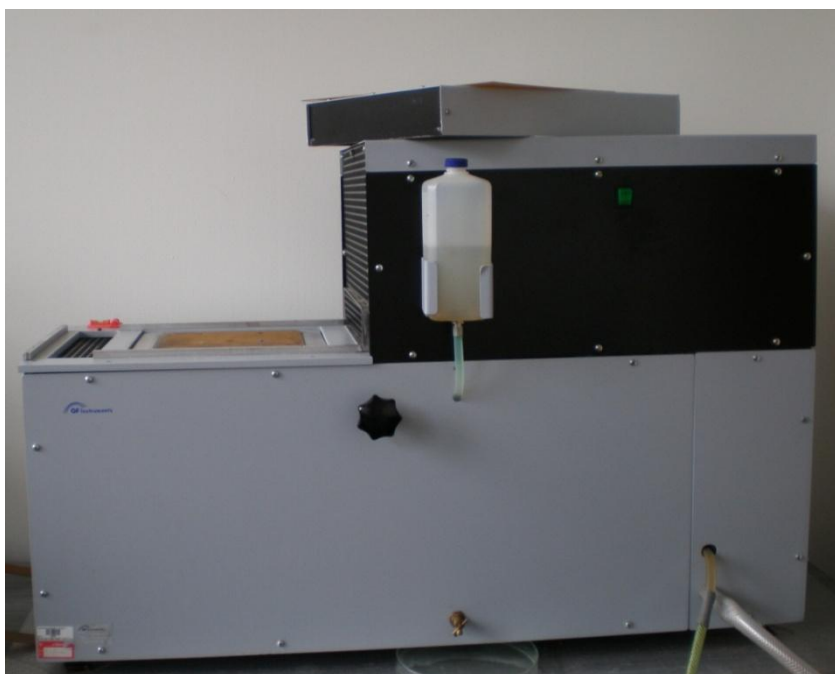
Skúšobná vzorka sa umiestni na elektrický vyhrievanú doštičku a klimatizovaný vzduch prúdi paralelne s jej povrchom. Pre určenie odolnosti voči vodným parám je

elektricky vyhrievaná doska prikrytá membránou ktorá prepúšťa vodné pary, ale neprepúšťa vodu.

Na doštičku položíme membránu ktorá je navlhčená, rozprestrieme ju tak, aby na nej neboli žiadne bubliny a na ňu položíme vzorku materiálu ktorý budeme merať. Na vzorky priložíme rámček, aby lepšie držal prilepíme ho papierovou lepiacou páskou. Prístroj uzavrieme a ako prvé sa prístroj temperuje cca. pol hodiny. Po ukončení temperovania nastáva meranie skúšobnej vzorky, ktoré je zaznamenaná počítačovým programom, ktorý nám poskytne hodnotu Ret - odolnosť voči vodným parám s ktorej podľa vzorca ktorý je uvedený vyššie v kapitole (6.2) vypočítame W_d - priepustnosť vodných par podľa vzorca¹⁰. Meranie je vykonávané v klimatizovanej miestnosti kde boli dané podmienky:

- teplota $T = 21,8^{\circ}\text{C}$,
- relatívna vlhkosť $\varphi = 62 \%$,

V meracom zariadení sa udržiava teplota $35 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ a 40 % relatívna vlhkosť. Nedodržanie týchto podmienok môže negatívne ovplyvniť celý výsledok merania. Vzorky, z každého materiálu majú veľkosť 300 x 300 [mm] minimálne 3 kusy [15].



Obrázok 20: PSM- 2, metóda Skin model

Tabuľka 5:Odolnosť voči vodným parám pre materiáli Dermizax, Diaplex

Dermizax	R_{et}	Diaplex	R_{et}
1.	5,532	1.	6,44
2.	5,607	2.	6,473
3.	6,553	3.	5,811
4.	5,893	4.	5,479
5.	5,012	5.	6,75
6.	5,406	6.	6,262
7.	5,492	7.	5,301
8.	5,105	8.	7,946
9.	5,147	9.	6,935
10.	4,884	10.	6,661
\bar{x}	5,463	\bar{x}	6,4058
σ	0,466	σ	0,7671
V	8,525	V	11,767
IS 95%	0,289	IS 95%	0,475

Pre materiáli sme vypočítali tiež priemernú hodnotu R_{et} a vypočítali W_d – priepustnosť vodných pár podľa vzorca 10.

Dermizax

$$\bar{x} R_{et} = 5,4631 [\text{m}^2 \text{Pa/W}]$$

$$W_d = \underline{0,2724} \text{ [g/ m}^2 \text{ h Pa]}$$

Diaplex

$$\bar{x} R_{et} = 6,4058 [\text{m}^2 \text{Pa/W}]$$

$$W_d = \underline{0,2323} \text{ [g/ m}^2 \text{ h Pa]}$$

6.2.3. Meranie priepustnosti vodných pár Permetest

Podstatou tejto skúšky je meranie paropriepustnosti výparného odporu. Prístroj je založený na priamom meraní tepelného toku. Povrch modelu je porézny, je zvlhčovaný,

čím sa simuluje funkcia ochladzovania kože potením. Na povrchu cez separačnú fóliu je priložená meraná vzorka textílie. Vonkajšia strana vzorku je ofukovaná. Pri meraní výparného odporu a paropriepustnosti je meracia hlavica udržiavaná na teplote okolitého vzduchu, ktorý je do prístroja nasávaný. Pri meraní sa vlhkosť v poréznej vrstve mení na paru, ktorá cez separačnú fóliu prechádza cez vzorku. Príslušný výparný tok je meraný špeciálnym snímačom a jeho hodnota je priamo úmerná paropriepustnosti textílie, alebo nepriamo úmerná jeho výparnému odporu.

Postup merania

Pred začatím merania vzorky, musíme prístroj z kalibrovať, kalibračnou tkaninou ktorá má známa hodnota $R_{et} = 5 \text{ [m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}\text{]}$. Po zmeraní tejto vzorky je prístroj z kalibrovaný. Pod meráciu hlavicu vložíme meranú vzorku. Meranie sa zaznamenáva v počítačovom programe, ktorý vyhodnotí tepelný tok, priepustnosť vodných pár a výparný odpor vzoriek. Na vyhodnotenie hodnoty priepustnosti vodných pár, použijeme získanú hodnotu R_{et} (odolnosť voči vodným parám) pomocou ktorej vypočítame, W_d (priepustnosť vodných pár). Podľa vzorca 10. Podmienky pri meraní: $T = 35^\circ\text{C}$, $\phi = 40\%$.



Obrázok 21: Permetest

Tabuľka 6:Odolnosť voči vodným parám pre materiáli Dermizax, Diaplex

Dermizax	R_{et}
1.	7,3
2.	7,1
3.	7,5
4.	7,5
5.	6,9
\bar{x}	7,26
σ	0,2608
v	3,5919
IS 95%	0,229

Diaplex	R_{et}
1.	11,2
2.	11,3
3.	10,6
4.	8
5.	9
\bar{x}	10,02
σ	1,457
v	14,538
IS 95%	1,277

Permetest patrí rovnako ako SHGP, PSM-2 do skupiny Skin model. v tabuľke 6. Sú zaznamenané namerané hodnoty. Ďalej je priemerná hodnota R_{et} a W_d – priepustnosť vodných pár, výpočet podľa vzorca (10).

Dermizax

$$\bar{x} R_{et} = 7,26 \text{ [m}^2\text{Pa/W]}$$

$$W_d = \underline{0,205} \text{ [g/ m}^2\text{ h Pa]}$$

Diaplex

$$\bar{x} R_{et} = 10,02 \text{ [m}^2\text{Pa/W]}$$

$$W_d = \underline{0,149} \text{ [g/ m}^2\text{ h Pa]}$$

6.3. Meranie priepustnosti vodných pár metódou B-1

Pri tejto metóde sa skúšobná vzorka umiestni do kruhového držiaku spoločne s hydrofóbnou membránou vodu neprepúšťajúcou, ale s vysokou priepustnosťou vodných pár. Potom sa vloží do vodného kúpeľa, tak aby membrána bola v kontakte s vodou. Pohár v ktorom je nasýtený roztok octanu draselného, vytvára relatívnu vlhkosť približne 23%. Po vytvorení relatívnej vlhkosti sa zistí celková hmotnosť, potom sa umiestni nad skúšobnú vzorku do kruhového držiaku tak že membrána je v kontakte so skúšobnou vzorkou. Tu prebieha transport vodných pár skúšobnou vzorkou z vodnej fázy do pohárika.

Po 15 min. sa pohárik vyberie a znovu zváži. Súčasne prebieha skúšobná skúška bez skúšobnej vzorky pre stanovenie priepustnosti vodných pár použitým dvoch membrán, teda priepustnosť vodných par prístrojom. Potom sa vypočíta priepustnosť vodných pár skúšobného vzorku, s korekciu vplyvu dvoch použitých membrán.[16]

Pri tejto metóde sme merali priepustnosť vodných pár podľa normy ČSN EN ISO 15496. Na katedre odevníctva sme sa zhotovili prístroj na ktorom sme toto meranie prevádzali.

Membrána

Žiadna membrána nesmie prepúšťať vodu musí byť mikroporézna a hydrofóbná. Membrána musí mať tak vysokú priepustnosť vodných pár aby jej vrstvy mali vyššiu priepustnosť ako $1,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$, pokiaľ sa meria podľa tejto normy. Pri meraní sme použili celofánovú membránu [16].

Držiak skúšobnej vzorky

Nosný rám vzorky musí byť kovový alebo plastový kruh s vyfrézovanou drážkou, do ktorej sa upne skúšobná vzorka spoločne s membránou, za použitia gumeného krúžku, kt. zapadne do drážky, Gumený krúžok musí byť tesne upevnená tak, aby skúšobná vzorka a membrána boli udržiavané napnuté. Spodný vonkajší okraj držiaku a skúšobnej vzorky musí byť zaobalený [16].



Obrázok 22: Držiak s textilnou vzorkou

Nosný rám

Ako nosný rám sme použili plastovú dosku s vyrezaným otvorom do ktoré ho sa vloží kovový držiak ktorý má vyfrézované dve drážky. Do spodnej drážky sa upevní skúšobná vzorka spoločne s membránou, za použitia gumeného krúžku. Vrchná drážka pomocou gumeného krúžku, udržiava držiak skúšobnej vzorky v nosnom ráme.



Obrázok 23: Nosný rám s držiakom na skúšobnú vzorku

Vodný kúpeľ

Vodný kúpeľ pozostáva z prehl'adného skleneného alebo plastového zásobníka, kt. musí byť dostatočne veľký aby poňal nosný rám, obsahuje destilovanú vodu, ktorá by mala byť udržiavaná pri teplote ($23 \pm 0,1$ °C) ponorným termostatom s obehovým čerpadlom. Teplota musí byť meraná najmenej na štyroch miestach súčasne, v blízkosti rohov nosného rámu. Pre dosiahnutie rovnomerné rozloženie teploty vo vode je možné vstupnú a výstupnú trubicu obehového čerpadla predĺžiť prostredníctvom hadice na koniec zásobníku na opačnej strane voči termostatu. Pri meraní nám nebolo umožnené použiť ponorný termostat s obehovým čerpadlom tak sme miesto toho toto zariadenie vložili do klimatizovanej komory za požadovaných podmienok.



Obrázok 24: Meracie zariadenie v klimatizovanej komore



Obrázok 25: Klimatizovaná komora

Merací pohárik

Mal by byť vyrobený z priehľadného plastu, o vnútornom priemere 56 mm, s toleranciou ± 1 mm a objemom najmenej 250 ml. V rámci možností sme namiesto platového pohára použili kovový pohárik rozmery boli dodržané.



Obrázok 26: Merací pohárik s roztokom octanu draselného a membránou

Roztok octanu draselného

Nasýtený roztok octanu draselného musí byť pripravený dôkladným zmiešaním 400 g suchého octanu draselného a 120 ml destilovanej vody, zmes musí byť homogénna bez nerozpustených častíc, musí byť udržiavaný v rovnovážnom stave pri teplote 23 ± 3 °C po dobu najmenej 12 hodín. Musí byť dostatočne tekutá pre pokrytie membrány keď sa pohárik otočí. Roztok musí ostať počas skúšky nasýtený (dôkazom je biele alebo nepriehľadný vzhľad) Množstvo tohto roztoku je na 3 merania.

Váhy umožňujúce zisťovanie hmotnosti približne 150 g s presnosťou ± 1 g.

Skúšobná miestnosť s teplotou udržiavanou na 23 ± 3 °C.

Postup merania

Skúšobné vzorky z textílie sa nastreihajú najmenej 3 kruhové vzorky o priemere 180 mm. Membrána ktorá bude použitá ako kryt vzorky má mať priemer približne 200 mm. Skúšobnú vzorku upevníme do držiaku tak, že strana ktorá je bližšie k telu (rubná) je v kontakte s membránou.

Skúšobná vzorka s membránou musia byť upevnené bez záhybu pomocou gumeného krúžku. Medzi skúšobnou vzorkou a membránou nesmú zostať vzduchové

medzery. Aby bolo možné zmerať priepustnosť vodných pár prístrojom, urobíme kontrolné meranie bez vzorky len s membránou.

Merací pohárik sa naplní približne 120g nasýteného roztoku octanu draselného a nepriedušne uzavrie kruhovou membránou. Membrána sa udržiava napnutá pomocou gumeného krúžku. Tesnosť pohárika by mala byť pred každým meraním vyskúšaná, aby sa overilo či nepresakuje, prevrátime pohárik na sací papier približne na dobu 3 minút, pričom by papier nemal byť mokry. Roztok octanu draselného by mal ostať počas skúšky nasýtený (nepriehľadný alebo biely).

Meranie

Držiaky so skúšobnou vzorkou s textíliou a membránou sa vloží do kúpeľa. Skontrolujeme či medzi membránou a hladinou vody nie sú vzduchové bubliny. Držiak so vzorkou sa ponechá v kúpeli 15 min. Realizujeme aj kontrolné meranie bez vzorky len s membránou.

Merací pohárik (m_0) s octanom draselným sa zváži pred meraním, otočí sa a jemne zatrepe aby sa roztok rovnomerne rozprestrel nad membránou, potom sa umiestni na vzorku. Po uplynutí 15 min. \pm 10 sek. A znovu sa zváži (m_{15}).

Skúšobná vzorka sa odstráni z držiaku a skontroluje sa membrána a skúšobná vzorka či nepresiakla voda. Pokiaľ sa vyskytne presakovanie, konkrétna hodnota skúšobného vzorku sa musí vylúčiť [16].

Výpočet :

Priepustnosť vodných pár WVP (11) skúšobnou vzorkou sa vypočíta podľa rovnice:

Vzorec (12) výpočet zmena hmotnosti meracieho pohárika za dobu 15 minút.

Vzorec (13) pre u presnenie výpočtu priepustnosti vodných pár výpočet priepustnosti vodných pár pre samotnú membránu.

$$WVP = \left(\frac{a \cdot \Delta p \cdot \Delta t}{\Delta m} - \frac{1}{WVP_{app}} \right)^{-1} \quad (11)$$

$$\Delta m = m_{15} - m_0 \quad (12)$$

$$WVP_{app} = \frac{\Delta m_{app}}{a \cdot \Delta p \cdot \Delta t} \quad (13)$$

Relatívna vlhkosť v rovnováhe s nasýteným roztokom octanu draselného pri teplote T_a vyjadrená v % je $RH = 22,4388 + 0,156288 T_a - (0,612868 \cdot 10^{-2}) T_a^2$

pokiaľ $T_a = T_b = 23^\circ\text{C}$, potom je $RH = 22,8\%$

a potom $\Delta p = p_{sa} - \frac{p_{sa} RH}{100} = (2808 - 640) \text{ Pa} = 2168 \text{ Pa}$

$a = 0,00246 \text{ m}^2$ (plocha otvoru meracieho poháríka)

$\Delta t = 0,25 \text{ h}$ (doba merania 15 minút)

Δm – zmena hmotnosti meracieho poháríka za dobu Δt [g]

Δm_{app} – zmena hmotnosti meracieho poháríka na držiaku skúšobného vzorku iba s membránou za dobu Δt [g]

$\Delta p = 2168 \text{ [Pa]}$ (Rozdiel tlakov)

p_{sa} – tlak nasýtenej vodnej pary pri teplote skúšobnej miestnosti T_a [Pa]

p_{sb} – tlak nasýtenej vodnej pary pri teplote vodného kúpeľa T_b [Pa]

RH – relatívna vlhkosť pri rovnovážnom stave s nasýteným roztokom octanu draselného [%]

T_a – teplota v skúšobnej miestnosti [$^\circ\text{C}$]

T_b – teplota vodného kúpeľa [$^\circ\text{C}$]

WVP – priepustnosť vodných pár skúšobnou vzorkou [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]

WVP_{app} – priepustnosť vodných pár prístrojom [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$]

Dermizax

V tabuľke 7 sú zaznamenané váhy poháríka s octanom draselným pre a po vložení do klimatizovanej komory a ďalej priemer, smerodajná odchýlka, variačný koeficient a interval spoľahlivosti 95%. Ďalej je vypočítaná priepustnosť vodných pár pre skúšobnú

vzorku 11, a pre priepustnosť vodných pár prístrojom 13. To isté pre materiál Diaplex, ktorý je v tabuľke 8.

Tabuľka 7: hodnoty pre a po meraní, Dermizax

Dermizax	pred [g]	pod [g]	rozdiel
membrána	263,291	265,76	2,469
	265,015	265,187	0,172
	265,259	265,447	0,188
	269,196	269,323	0,127
	280,737	280,831	0,094
	281,405	281,532	0,127
	235,523	235,638	0,115
	252,2	252,304	0,104
\bar{x}	264,1907	264,323	0,132
σ	16,138	16,1398	
V	6,108	6,106	
IS 95%	12,913	12,914	

$$WVP_{app} = \frac{2,469}{0,00246 \cdot 2168 \cdot 0,25} = 1,852 \quad (13)$$

$$WVP = \left(\frac{0,00246 \cdot 2168 \cdot 0,25}{0,132} - \frac{1}{1,852} \right)^{-1} = 0,105 \quad (11)$$

Diaplex

Tabuľka 8: Hodnoty pre a po meraní, Diaplex

Diaplex	pred [g]	pod [g]	rozdiel
membrana	235,61	237,27	1,66
	227,726	227,834	0,108
	243,334	243,428	0,094
	244,616	244,729	0,113
\bar{x}	238,559	238,662	0,105
σ	9,403	9,401	
V	3,941	3,939	
IS 95%	9,403	9,401	

$$WVP_{app} = \frac{1,66}{0,00246 \cdot 2168 \cdot 0,25} = 1,245 \quad (11)$$

$$WVP = \left(\frac{0,00246 \cdot 2168 \cdot 0,25}{0,105} - \frac{1}{1,245} \right)^{-1} = 0,084 \quad (13)$$

Výpočet podľa (normy –JISL 1099)

Pre kontrolu sme použili výpočty aj podľa normy JISL 1099, P- priepustnosť vodných pár [$\text{g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$] (14). Podľa tejto normy vzorec na výpočet priepustnosti vodných pár neobsahuje tlak [Pa], a preto sme pre porovnanie do tohto vzorca pridať aj tlak, P - priepustnosť vodných pár [$\text{g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$] (15).

$$P = \frac{(m_{15} - m_0)}{a \cdot \Delta t} \quad (14)$$

$$P = \frac{(m_1 - m_0)}{a \cdot \Delta t \cdot \Delta p} \quad (15)$$

m_0 - hmotnosť meracie pohárika s octanom draselným pred meraním,

m_{15} - hmotnosť meracie pohárika s octanom draselným po meraní

$a = 0,00246 \text{ m}^2$ (plocha otvoru meracieho pohárika)

$\Delta t = 0,25 \text{ h}$ (Doba merania 15 minút)

$\Delta p = 2168 \text{ [Pa]}$ (Rozdiel tlakov)

p_{sa} – tlak nasýtenej vodnej pary pri teplote skúšobnej miestnosti T_a [Pa]

p_{sb} – tlak nasýtenej vodnej pary pri teplote vodného kúpeľa T_b [Pa]

Dermizax

$$P = \frac{(m_1 - m_0)}{a \cdot \Delta t} = \frac{0,132}{0,00246 \cdot 0,25} = 214,634 [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}] = 5151,220 [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24\text{h}^{-1}] \quad (14)$$

$$P = \frac{(m_1 - m_0)}{a \cdot \Delta t \cdot \Delta p} = \frac{0,132}{0,00246 \cdot 0,25 \cdot 2168} = 0,099 [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \text{Pa}^{-1}] \quad (15)$$

Diaplex

$$P = \frac{(m_1 - m_0)}{a \cdot \Delta t} = \frac{0,105}{0,00246 \cdot 0,25} = 170,132 [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}] = 4097,561 [\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24\text{h}^{-1}] \quad (14)$$

$$P = \frac{(m_1 - m_0)}{a \cdot \Delta t \cdot \Delta p} = \frac{0,105}{0,00246 \cdot 0,25 \cdot 2168} = 0,0788 \text{ [g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \text{Pa}^{-1}] \quad (15)$$

Výsledky vzorcov použité podľa normy JISL 1099, sú odlišné len minimálne a to koly tomu že vo výpočte s normy ČSN EN ISO 15496 pri hľadali aj na membránu ktorá sa podľa tejto normy neberie v úvahu.

Chyby merania pre metódu B-1:

Na záver vyhodnotenia merania bol vykonaný výpočet chyby, ktorá bola ovplyvnená nepresnosťami jednotlivých prístrojov a pomôcok použitých pri meraní.

Pre výpočet chyby bol použitý lineárny zákon hromadenia chyb (16):

$$\bar{\delta} (WVP) = \sum \left| \left(\frac{df}{dx_n} \right) \cdot \bar{\delta} x_n \right| \quad (16)$$

$$WVP = \left(\frac{a \cdot \Delta p \cdot \Delta t}{\Delta m} - \frac{a_{app} \cdot p_{app} \cdot \Delta t_{app}}{\Delta m_{app}} \right)^{-1} = \left(\frac{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left(p_{sb} \cdot \frac{p_{sa} \cdot rH}{100} \right) \cdot t}{m_1 - m_2} - \frac{\frac{\pi \cdot d_{app}^2}{4} \cdot \left(p_{sb} \cdot \frac{p_{sa} \cdot rH}{100} \right) \cdot t_{app}}{m_{1app} - m_{2app}} \right)^{-1} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \bar{\delta} (WVP) = & \left| \left(\frac{\partial f}{\partial d} \right) \delta d \right| + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial rH} \right) \delta rH \right| + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial t} \right) \delta t \right| + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial m_1} \right) \delta m_1 \right| + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial m_2} \right) \delta m_2 \right| \\ & + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial rH_{app}} \right) \delta rH_{app} \right| + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial t_{app}} \right) \delta t_{app} \right| + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial m_{1app}} \right) \delta m_{1app} \right| \\ & + \left| \left(\frac{\partial f}{\partial m_{2app}} \right) \delta m_{2app} \right| = 0,009 \frac{g}{m^2 hPa} \end{aligned} \quad (18)$$

Hodnoty zistené meraním:

$$m_1 = 264,191 \text{ g}$$

$$m_2 = 264,323 \text{ g}$$

$$m_{1app} = 263,291 \text{ g}$$

$$m_{2app} = 265,760 \text{ g}$$

Podmienky pri meraní

$$t = t_{app} = 0,25 \text{ h} = 900 \text{ s}$$

$$rH = rH_{app} = 22,8\%$$

$$d = d_{app} = 56 \text{ mm} = 0,056 \text{ m}$$

Chyby meracích prístrojov a pomôcok:

$\bar{\delta}(d) = 0,001 \text{ m} = \bar{\delta}(d_{app})$ – priemer bol meraný pravítkom, bola stanovená chyba odpovedajúca najmenšiemu dieliku meradla

$\bar{\delta}(rH) = \bar{\delta}(rH_{app}) = 2\%$ - relatívna vlhkosť, chyba udávaná výrobcom klimatizovanej komory

$\bar{\delta}(t) = \bar{\delta}(t_{app}) = 5 \text{ s}$ – čas bol meraný stopkami na mobilnom telefóne, bola odhadnutá chyba s ohľadom na časovú reakciu pri meraní

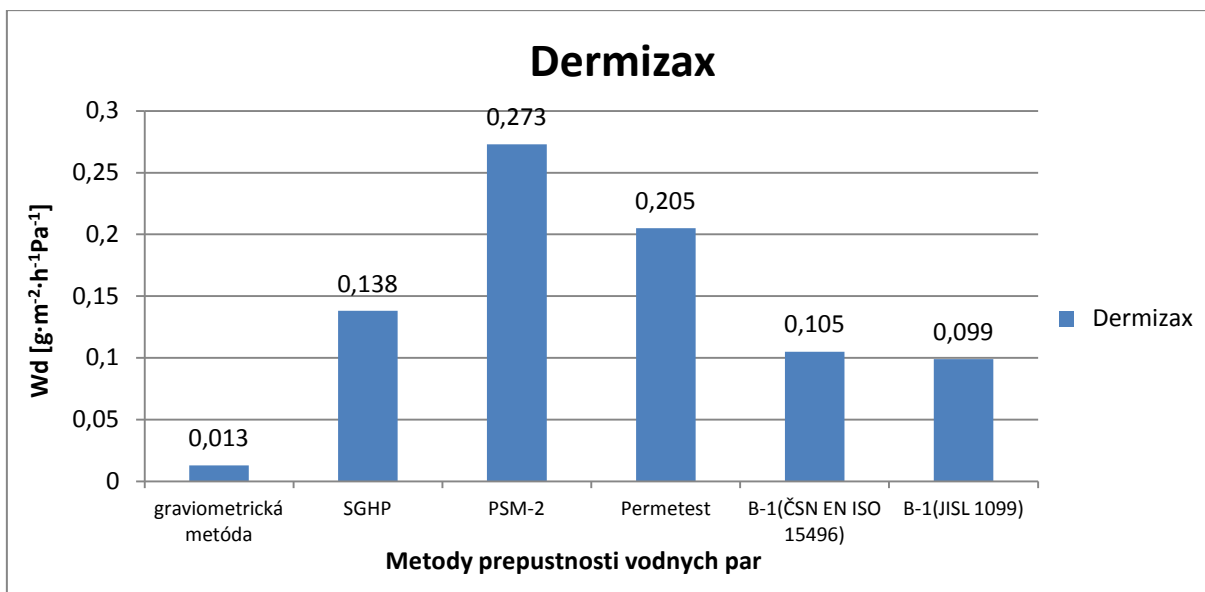
$\bar{\delta}(m_1) = \bar{\delta}(m_2) = \bar{\delta}(m_{1app}) = \bar{\delta}(m_{2app}) = 0,001 \text{ g}$ - chyba udávaná výrobcom váhy

7. Porovnanie jednotlivých meraní

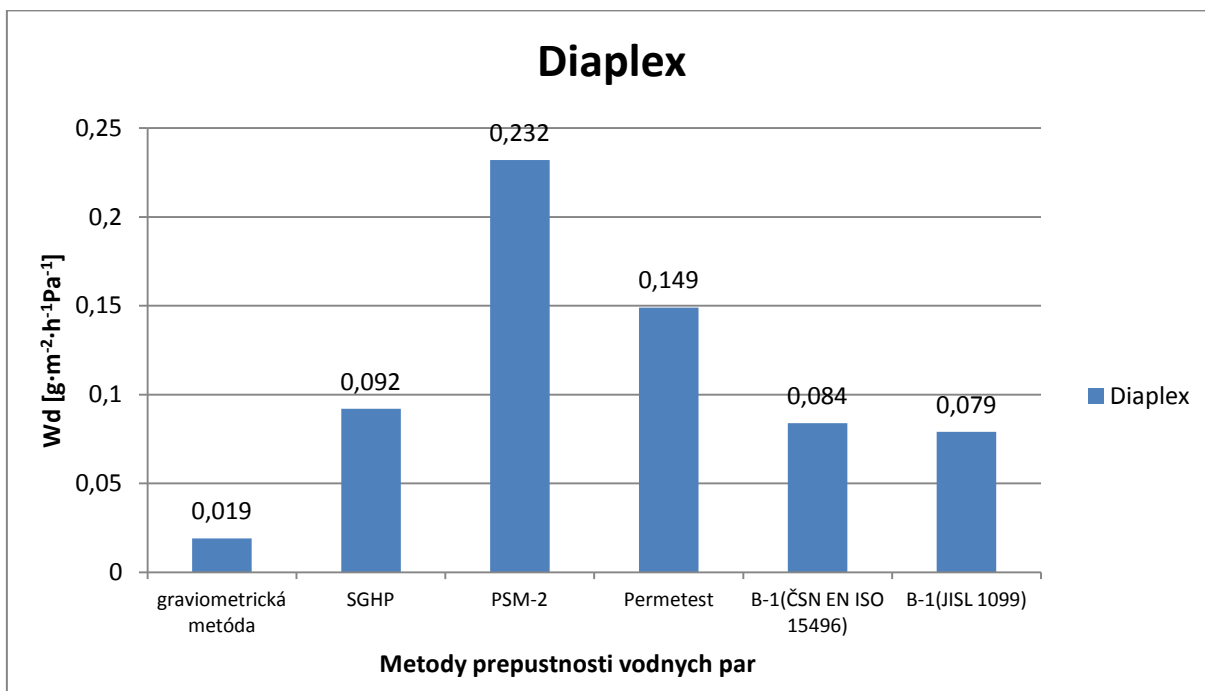
Zostavili sme si tabuľku (10) v ktorej sú zobrazené hodnoty „ W_d “ - priepustnosti vodných pár, pre všetky metódy a obe použité materiály Dermizax a Diaplex rovnako sú vyhodnotené v grafoch ako je vidieť na obrázkoch (26, 27).

Tabuľka 9: Priepustnosť vodných pár, Dermizax a Diaplex

	„ W_d “ [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$]	
	Dermizax	Diaplex
gravimetrická metóda	0,013	0,019
SGHP	0,138	0,092
PSM-2	0,273	0,232
Permetest	0,205	0,149
B-1(ČSN EN ISO 15496)	0,105	0,084
B-1(JISL 1099)	0,099	0,079



Obrázok 27: Graf priepustnosti vodných pár pre materiál Dermizax



Obrázok 28: Graf priepustnosti vodných pár pre materiál Diaplex

7.1. Porovnanie výsledky odolnosti voči vodným parám

Pre lepšie porovnanie sme si zostavili tabuľku R_{et} – odolnosť voči vodným parám. Pre metódy gravimetrickú a B-1, sme si odvodili vzorec (19) R_{et} , zo vzorca (10) W_d , sú zobrazené v tabuľkách (11,12) a v grafoch na obrázkoch (29,30), je viditeľné že výsledky sú odlišné, hlavne v prípade gravimetrickej metódy.

R_{et} – odpor ktorý kladie textília pri priepustnosti vodných pár [$m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$].

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \cdot \Phi T_m} = \frac{1}{\frac{m^2 \cdot Pa}{W} \cdot \frac{W \cdot h}{g}} = \frac{g}{m^2 \cdot Pa \cdot h} \quad (11)$$

$$R_{et} = \frac{1}{W_d \cdot \Phi T_m} = \frac{1}{\frac{g}{m^2 \cdot Pa \cdot h} \cdot \frac{W \cdot h}{g}} = \frac{m^2 \cdot Pa}{W} \quad (19)$$

Dermizax - R_{et} [$m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$] odolnosť voči vodným parám je zaznamenaná a zhodnotená v tabuľke (11) či je materiál vyhovujúci, aká je jeho odolnosť aj na obrázku 28. V grafe. Pre jednotlivé merania bola hodnota latentného tepla pre danú teplotu odčítaná z tabuľky na str. 66 [21].

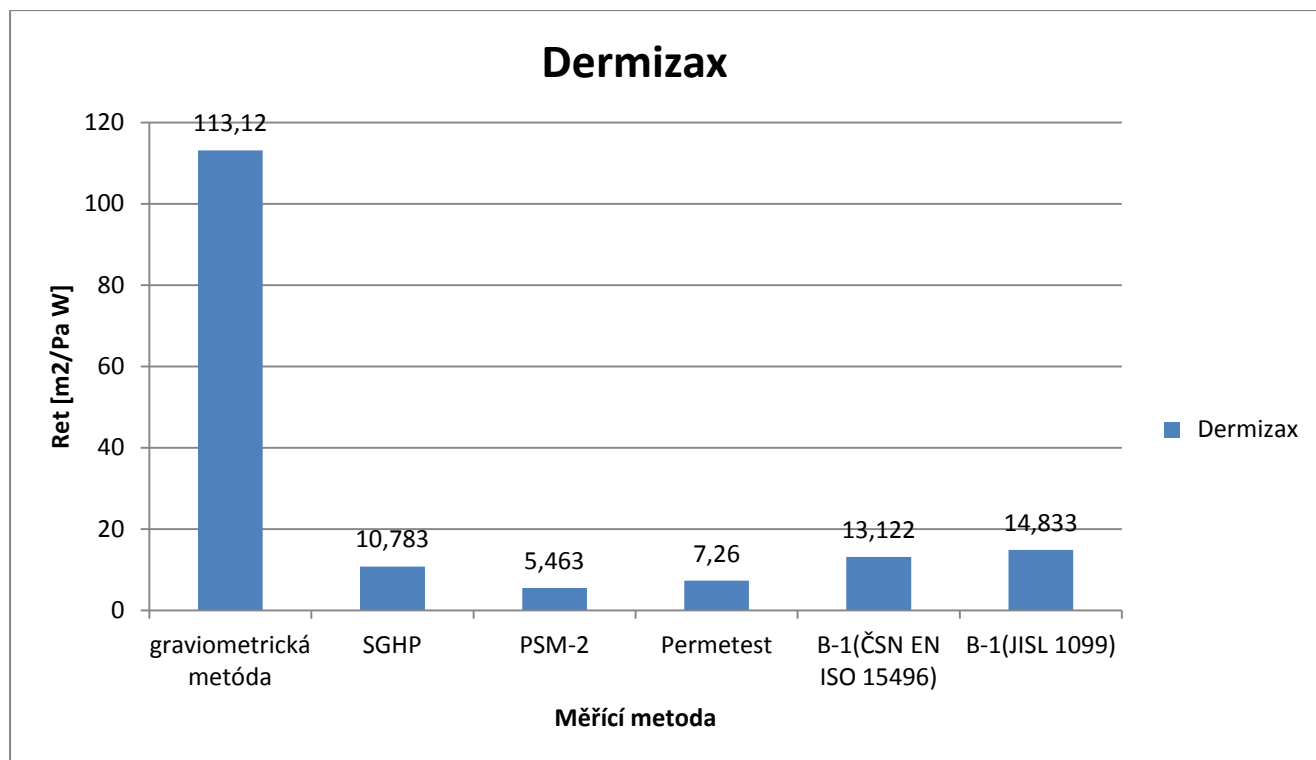
Tabuľka 10: R_{et} - odolnosť voči vodným parám

gravimetrická metóda	113,12	nevyhovujúca
SGHP	10,783	dobrá
PSM-2	5,463	veľmi dobrá
Permetest	7,26	veľmi dobrá
B-1(ČSN EN ISO 15496)	13,122	uspokojivá
B-1(JISL 1099)	14,833	uspokojivá

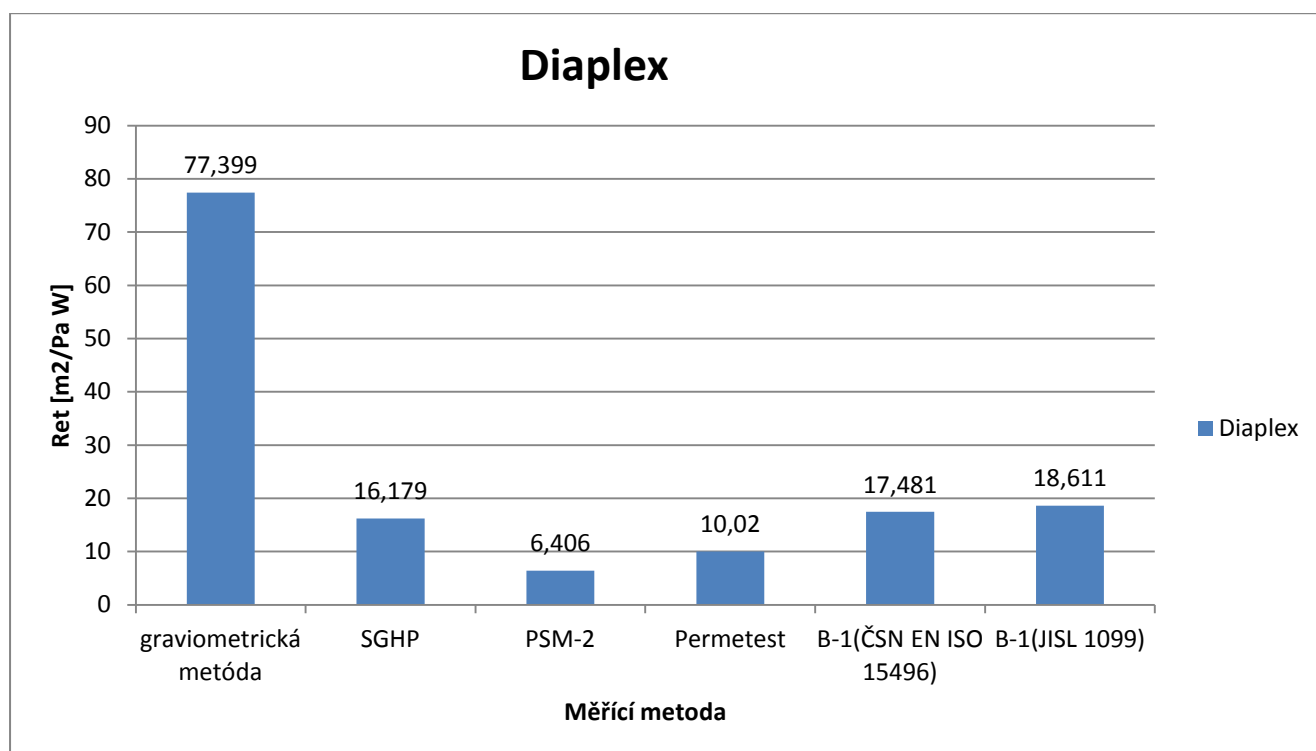
Diaplex - R_{et} [$m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$] odolnosť voči vodným parám je zaznamenaná a zhodnotená tabuľke (12) a na obrázku 29. v grafe či je materiál vyhovujúci, aká je jeho odolnosť

Tabuľka 11: R_{et} - odolnosť voči vodným parám

gravimetrická metóda	77,399	nevyhovujúca
SGHP	16,179	uspokojivá
PSM-2	6,406	dobrá
Permetest	10,02	dobrá
B-1(ČSN EN ISO 15496)	17,481	uspokojivá
B-1(JISL 1099)	18,611	uspokojivá



Obrázok 29:Odolnosť voči vodným parám Ret, pre materiál Dermizax



Obrázok 30:Odolnosť voči vodným parám Ret, pre materiál Diaplex

7.2. Porovnanie priepustnosť vodných pár

Schopnosť prepúšťať vodné pary ktoré sú produkované ľudským telom v smere do organizmu. Metóda MVTR (moisture vapor transmission rates) množstvo vodných par v [g] ktoré je schopné odpariť sa za 24 h cez 1 m² meranej textílie(14).

Podľa metódy MVTR sme zhodnotili jednotlivé metódy priepustnosti vodných pár, ktoré sú zapísané v tabuľke a vyhodnotené podľa tejto metódy. V tabuľke (13) zobrazené podmienky aké by mali spĺňať merané materiály. V druhej tabuľke sú už jednotlivé metódy vyhodnotené podľa MVTR [16].

Tabuľka 12: Rozsah pre priepustnosť vodných pár a odolnosť voči vodným parám

Priepustnosť vodných par	MVRT [g/m ² 24h]	R _{et} [m ² Pa/ W].
veľmi dobrá	nad 20 000	0 – 6
dobrá	9 000 – 20 000	6 -13
uspokojivá	5 000 – 9 000	13 – 20
nevyhovujúca	pod 5 000	20 a viac

Vyhodnotenie: MVRT [g/m²24h]

Tabuľka 13: Množstvo vodnej pary ktoré je schopné sa odpariť za 24 hodín

MVRT[g/m ² 24h]	Rozdiel parciálnych tlakov[Pa]	Dermizax		Diaplex	
Gravimetrická	1519	473,928	nevyhovujúca	692,664	nevyhovujúca
SGHP	3370	11161,44	dobrá	7440,96	uspokojivá
PSM-2	3370	22080,24	veľmi dobrá	18764,16	dobrá
Permetest	3370	16580,4	dobrá	12051,12	dobrá
B1(ČSN EN ISO15496)	2168	5463,36	uspokojivá	4370,69	nevyhovujúca
B- 1 B-1(JISL 1099)	2168	5151,168	uspokojivá	4110,528	nevyhovujúca

8. Diskusia výsledkov

V práci sme merali priepustnosť vodných pár materiálov Dermizax a Diaplex. Jednotlivé merania boli potom vyhodnotené. Metódy boli vykonávané podľa rôznych noriem. Gravimetrická metóda zisťuje, relatívnu priepustnosť vodných par podľa normy ČSN 80 0855. Metódy SGHP, PSM-2, Permetest, ktoré patria do skupiny skin model, podľa normy ČSN EN 31 092. Metóda B-1 podľa normy ČSN EN ISO 15496, pre lepšie porovnanie, overenie správnosti výsledkov sme pre túto metód urobili aj výpočet podľa normy JISL 1099.

Gravimetrická metóda je založená na princípe zisťovania hmotnosti silikagelu, ktorý pohlcuje vlhkosť prechádzajúcou vzorkou. Hmotnosť sa zisťuje pred a po exponovaní v klimatizačnej komore, kde sú vytvorené normou požadované podmienky, teplota $T = 20 \pm 2$ °C relatívna vlhkosť $\varphi = 65 \pm 2$ %. Táto metóda je náročná, pretože je zdĺhavá, skúšobné vzorky sa musia klimatizovať minimálne 12 hodín pred meraním, silikagel sa suší 4 hodiny v sušiarňi, a samotné meranie v klimatizačnej komore trvá 3 hodiny. Výsledky podľa normy ČSN 80 0855 vychádzajú v %, čo je iný spôsob ako pri ostatných metódach, preto sme túto metódu prepočítali na priepustnosť vodných pár W_d [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$]. Porovnávanie tejto metódy s ostatnými je teda problematické. Pri prepočítaní na odolnosť voči vodným parám R_{et} [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}$] sú rozdiely medzi touto metódou a ostatnými viditeľné ešte viac.

Prístroje SGHP, PSM-2, Permetest sú založené na podobnom princípe (napodobňovanie ľudskej kože – „model pokožky“). Výsledky týchto meraní sa problematicky porovnávali.

Prístroj SGHP je uzavretý v klimatizovanej komore, s čoho vyplýva že podmienky sú dodržané skoro na 100% a môžeme toto meranie považovať za najvhodnejšie. Podmienky v klimatizovanej komore boli nastavené nasledovné: teplota $T = 35 \pm 2$ °C, relatívna vlhkosť $\varphi = 40 \pm 2$ %. Meranie trvá približne jednu hodinu.

Podmienky požadované v prístroji PSM pri meraní sú teplota $T = 35 \pm 0,2$ °C a relatívna vlhkosť $\varphi = 40$ %. Prístroj je uložený v klimatizovanej miestnosti, kde boli podmienky nasledujúce: teplota $T = 21,8$ °C, relatívna vlhkosť $\varphi = 62$ %. To mohlo

negatívne ovplyvniť meranie. S tohto to dôvodu sme overili teplotu a vlhkosť v prístroji. Po tejto kontrole sme zistili že: teplota nad vzorkou bola $T = 33,74\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplota pod vzorkou $T = 35,14\text{ }^{\circ}\text{C}$, vlhkosť nad vzorkou $\varphi = 42,78\text{ }\%$ a vlhkosť pod vzorkou $\varphi = 89,25\text{ }\%$ (namiesto $\varphi = 100\%$). Aj to ovplyvnilo namerané výsledky.

Prístroj Permetest meraný podľa normy ČSN EN 31 092 rovnako ako pri ostatných meraniach si kn model. Toto meranie sa vykonáva za podmienok: teplota $T = 35 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ a relatívna vlhkosť $\varphi = 40\text{ }\%$. Rovnako ako pri metóde PSM-2 okolité prostredie mohlo ovplyvniť namerané výsledky.

Merania ovplyvňujú rôzne faktory, ktoré sprevádzajú meranie (napr. nedodržanie podmienok pri meraní, podmienky okolitého prostredia a prípadné chyby pri meraní).

Rozdiely sú najviac viditeľné pri porovnaní hodnôt R_{et} . Na meranie sa používali dve rozličné materiály. Výsledky sú odlišné nielen medzi materiálmi, ale aj jednotlivé hodnoty R_{et} sú pre rôzne merania odlišné v rámci jedného materiálu, čo je viditeľné v tabuľkách (11,12).

Metóda B-1 bola meraná na prístroji, ktorý bol zostrojený na Katedre odevnej technológie, podľa pokynov uvedených v norme ČSN EN 31092. Meranie bolo vykonávané v klimatizovanej komore, čo zaručovalo dodržanie predpísaných podmienok: teplota $T = 23 \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relatívna vlhkosť $\varphi = 23\text{ }\%$.

Metóda je pomerne rýchla aj napriek tomu, že sa vzorky a roztoku octanu draselného klimatizujú najmenej 12 hodín. Samotné meranie trvá už iba 15 minút. Za nevýhodu môžeme považovať finančnú náročnosť, pretože octan draselný je drahá chemická látka.

8.1. Celkové zhodnotenie

V kapitole 6.2 sú vyhodnotené výsledky jednotlivých meraní v tabuľke (10), a v grafoch (27,28), kde je zobrazená hodnota W_d jednotlivých meraní.

Hodnota odolnosti voči vodným parám pre gravimetrickú metódu materiálu Dermizax je $R_{et} = 113,12\text{ m}^2\text{h/W}$ a materiálu Diaplex $R_{et} = 77,399\text{ m}^2\text{h/W}$. Z týchto údajov vyplýva, že odolnosť voči vodným parám je nevyhovujúca, čo je prezentované v tabuľkách (11,12) a grafoch (29,30).

Hodnota odolnosti voči vodným parám R_{et} pre materiál **Dezmizax** vychádzala pre metódy Skin model: SGHP – dobrá, PSM-2 – veľmi dobrá, Permetest – veľmi dobrá.

Pre metódu B-1 vychádzal výsledok pri oboch normách, ktoré sme použili na výpočet, ako uspokojiví. Výsledky metódy B-1 podľa ČSN EN 15496 normy a podľa JIS L1099 normy vychádzajú približne rovnako s ohľadom na to, že v prvom výpočte sa prehľadalo aj na priepustnosť membrány.

Hodnota odolnosti voči vodným parám R_{et} pre materiál **Diaplex** vychádzala pre metódy Skin model: SGHP- uspokojivá, PSM-2 – dobrá, Permetest – dobrá.

Pre metódu B-1 v oboch normách je uspokojivá.

9. Záver

Cieľom práca bolo vytvoriť rešerš, ktorá sa týka hodnotenia fyziologického komfortu a možností merania priepustnosti vodných par cez textílie. Porovnali sme dostupné metódy, ktoré umožňujú merať transport vodných pár cez textil. Ďalej sme navrhli experimentálnu metódu na meranie transportu vodných pár a zistené výsledky sme vyhodnotili.

Vybrali sme niekoľko metód pre hodnotenie priepustnosti vodných pár cez textil, a to Gravimetrický metódu, metódy Skin model: SGHP, PSM – 2, Permetest, a metódu B–1. V experimentálnej časti sme sa venovali merania jednotlivých metód priepustnosti vodných pár. Pri týchto meraniach sme zistili, že je problematické porovnávať metódy na princípe váženia (gravimetrickú a B-1) s metódami skin model (SGHP, PSM – 2, Permetest). Z dôvodov, že gravimetrická metóda vychádza v inej jednotke (%) ako metódy Skin model ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Pre lepšie porovnávanie sme prepočítali gravimetrickú metódu na jednotky ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Ale aj po prevedení jednotiek je problém v porovnávaní, lebo hodnoty sú dosť rozličné. Čo môžeme pripisovať tomu, že táto metóda je staršia, menej používaná, založená na inom princípe, to mohlo ovplyvniť toto meranie.

Metóda B-1 je metóda, ktorej sme venovali asi najväčšiu pozornosť, preto že prístroj sme zhotovovali na katedre. Skúšali sme ako funguje a či je vhodná na používanie a porovnávanie s ostatnými metódami. Zistili sme, že metóda je finančne náročná, a to z dôvodu, že sa používa drahá chemická látka octan draselný. Trvanie metódy B-1 je len 15 minút (samotné meranie, čiže prestup pár z vodnej nádrže do pohárka s octanom draselným), čo môžeme považovať z výhodu. Dá sa použiť ako alternatívna metóda za metódy skin model.

Porovnanie metód meraní skin model: SGHP, PSM – 2, Permetest - výsledky R_{et} týchto metód sú v jednotkách $\text{m}^2 \text{Pa/W}$ a potom W_d v jednotkách $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. To je výhodnejšie pre porovnávanie metód medzi sebou. Avšak aj tieto merania vychádzali odlišne. Ako už aj bolo uvedená v diskusii, tak sme sa odrazili od merania SGHP vďaka najpresnejšiemu dodržaniu podmienok. Celkovo sme zistili, že je veľmi dôležité dodržať podmienky merania a postup. Aj malá chyba môže skresľovať a ovplyvňovať výsledky.

Použitá literatura

- [1] Hes, L.; Sulka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- [2] Ružičková, D.: Oděvní materiály. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. 221 s. ISBN 80-7083-682-2
- [3] Šesták, J.; Rieger, F.: Přenos hybnosti, tepla a hmoty. Skripta. Praha České vysokoškolské učení technické v prahe ISBN 80-01-02933-6
- [4] Ding-Hua Xu, Jian-Xin Cheng, Xiao-Hong Zhou.: A Model of Heat and Moisture Transfer through Parallel Pore Textiles.
- [5] Murarová A., Murarová Z.: Prestup tepla cez textilnú vrstvu. Vlákna a textil 12 (2) 73-75 (2005)
- [6] Havelka, A.: Transport properties of smart textile. Strutex. Liberec: Technická univerzita v Liberci, ISBN 80-7372-135
- [7] Raj S.; Sreenivasan S.: Total Wear Comfort Index as an Objective Parameter for Characterization of Overall Wearability of Cotton Fabrics. Central Institute for Research on Cotton Technology, Matunga, Mumbai, INDIA
- [8] Delljová R.A., Afanasjevová R.F., Čubarovová Z.S.: Hygiena odívání, SNTL, Praha 1984
- [9] Stanek J., Kubičková M.: Oděvní materiály, Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1986
- [10] Arabuli S.; Vasilenko V.; Havelka A.; Kus Z.: Analysis of modern methods for measuring vapor permeability properties of textiles, Kiev National University of Technologies and Design, Kiev, Ukraine; Technical University of Liberec, Liberec, Czech Republic, 2010
- [11] Metóda A-1 [online]. 2013 [cit. 2013-22-01]. Dostupné WWW: <http://torayentrant.com/comfort/a1.html>
- [12] metóda B-1 [online]. 2013 [cit. 2013-10-01]. Dostupné WWW: <http://www.torayentrant.com/specifications/b1.html>

- [13] Priepustnosť vodných pár (Gravimetrická metóda), ČSN 80 0855; Vydavatelství ČNM, Praha
- [14] Tepelná odolnosť a odolnosť voči vodným parám, ČSN EN 31 092- prevzatá z ISO 11 092
- [15] Priepustnosť vodných pár (metóda B-1), ČSN EN ISO 15496; Český normalizačný inštitút, Praha
- [16] Propustnost vodních par. [online]. 2013 [cit. 2013-22-01]. Dostupné WWW:
http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska7_2012.pdf
- [17] Permetest. [online]. 2013 [cit. 2013-22-01]. Dostupné WWW:
<http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/PERMETEST.pdf>
- [18] Diaplex materiál s tvarovou pamětí. [online]. 2013 [cit. 2013-22-01]. Dostupné WWW: <http://www.texbac.de/html/klimasensitiv.html>
- [19] Popis materiálu Dermizax. [online]. 2013 [cit. 2013-22-01]. Dostupné WWW: http://www.torayentrant.com/dermizax/der_001.html
- [20] Popis materiálu Dermizax. [online]. 2013 [cit. 2013-22-01]. Dostupné WWW: <http://www.tobeouterwear.com/getpage.asp?do=3>
- [21] Leinveber J.; Vávra P.: Strojnické tabulky. Albra Úvaly, 2003. ISBN 80-86490-74-2

Literatúra obrázkov :

- (1) Odevný systém obklopujúci I. vzduchovou vrstvu nazývanú mikroklima. Hes, L.; Sulka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- (2) Schéma odstredivých nervových dráh riadiacich termoregulačné dej človeka. Hes, L.; Sulka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- (3) Zdieľanie tepla vedením : 1- pokožka, textilná vrstva (T). Delljová R.A., Afanasjevová R.F., Čubarovová Z.S.: Hygiena odievania, SNTL, Praha 1984
- (4) Zdieľanie tepla prúdením: 1- pokožka, 2- textilná vrstva, 3- textilná vrstva. Delljová R.A., Afanasjevová R.F., Čubarovová Z.S.: Hygiena odievania, SNTL, Praha 1984
- (5) Zdieľanie tepla odparovaním: 1-pokožka, 2-textilná vrstva, 3-textilná vrstva. Delljová R.A., Afanasjevová R.F., Čubarovová Z.S.: Hygiena odievania, SNTL, Praha 1984
- (6) Difúzia odvod potu z povrchu pokožky ľudského tela: 1- pokožka, 2- textilná vrstva, 3- kvapky potu. Stanek J., Kubíčková M.: Oděvní materiály, Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1986
- (7) Rozdiel parciálnych tlakov: 1- pokožka, 2- vonkajšia vzduchová vrstva. Stanek J., Kubíčková M.: Oděvní materiály, Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1986
- (8) Odevné vrstvy a ich funkcie. [online]. 2013 [cit. 2013-25-01].Dostupné WWW: http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska7_2012.pdf
- (9) Schéma perimetestu
- (10) Náčrt pohárika pre metódu A-1. [online]. 2013 [cit. 2013-25-01].Dostupné WWW: <http://torayentrant.com/comfort/a1.html>
- (11) Schéma metódy B-1. [online]. 2013 [cit. 2013-25-01].Dostupné WWW: <http://www.torayentrant.com/specifications/b1.html>
- (12) Schéma fungovania membrány Dermizax. online]. 2013 [cit. 2013-25-01].Dostupné WWW: http://www.torayentrant.com/dermizax/der_001.html
- (13) Dermizax rubná strana: fotky vlastné
- (14) Dermizax líčna strana: fotky vlastné

- (15) Schéma membrány Diaplex. online]. 2013 [cit. 2013-25-01].Dostupné WWW:
http://www.amaterrace.com/en/product/dl_3.html
- (16) Diaplex líčna strana.: fotky vlastné
- (17) Diaplex rubná strana.: fotky vlastné
- (18) Mištička so silikagelom.: fotky vlastné
- (19) prístroj SGHP- skin model.: fotky vlastné
- (20) PSM- 2, metóda Skin model.: fotky vlastné
- (21) Prístroj Permetest.: fotky vlastné
- (22) Držiak s textilnou vzorkou.: fotky vlastné
- (23) Nosný rám s držiakom na skúšobnu vzorku.: fotky vlastné
- (24) Meracie zariadenie v klimatizovanej komore.: fotky vlastné
- (25) Klimatizovaná komora.: fotky vlastné
- (26) Merací pohárik s roztokom octanu draselného a membránou.: fotky vlastné
- (27) Graf priepustnosti vodných pár pre materiál Dermizax.: vlastné
- (28) Graf priepustnosti vodných pár pre materiál Diaplex.: vlastné
- (29) Odolnosť voči vodným parám Ret, pre materiál Dermizax.: vlastné
- (30) Odolnosť voči vodným parám Ret, pre materiál Diaplex.: vlastné

Zoznám obrázkov:

Obrázok 1: Odevný systém obklopujúci I. vzduchovou vrstvu nazývanú mikroklima	16
Obrázok 2: Schéma odstredivých nervových dráh riadiacich termoregulačné dej človeka	17
Obrázok 3: Zdieľanie tepla vedením : 1- pokožka, textilná vrstva (T)	19
Obrázok 4: Zdieranie tepla prúdením: 1- pokožka, 2- textilná vrstva, 3- textilná vrstva....	21
Obrázok 5: Zdieľanie tepla odparovaním: 1-pokožka, 2-textilná vrstva, 3-textilná vrstva.	22
Obrázok 6: Difúzia odvod potu z povrchu pokožky ľudského tela: 1- pokožka, 2- textilná vrstva, 3- kvapky potu	23
Obrázok 7: Rozdiel parciálnych tlakov: 1- pokožka, 2- vonkajšia vzduchová vrstva	24
Obrázok 8: Odevné vrstvy a ich funkcie	25
Obrázok 9: Schéma permetestu	30
Obrázok 10: Nákras pohárika pre metódu A-1	31
Obrázok 11: Schéma metódy B-1	32
Obrázok 12: Schéma fungovania membrány Dermizax	33
Obrázok 13: Dermizax líčna strana	34
Obrázok 14: Dermizax rubná strana	34
Obrázok 15: Schéma membrány Diaplex	35
Obrázok 17: Diaplex rubná strana	35
Obrázok 16: Diaplex líčna strana	35
Obrázok 18: Mištička so silikagelom	37
Obrázok 19: Prístroj SGHP- skin model	41
Obrázok 20: PSM- 2, metóda Skin model	43
Obrázok 21: Permetest	45
Obrázok 22: Držiak s textilnou vzorkou	47
Obrázok 23: Nosný rám s držiakom na skúšobnú vzorku	48
Obrázok 24: Meracie zariadenie v klimatizovanej komore	49
Obrázok 25: Klimatizovaná komora	49
Obrázok 26: Merací pohárik s roztokom octanu draselného a membránou	50
Obrázok 27: Graf priepustnosti vodných pár pre materiál Dermizax	57
Obrázok 28: Graf priepustnosti vodných pár pre materiál Diaplex	57
Obrázok 29: Odolnosť voči vodným parám Ret, pre materiál Dermizax	59
Obrázok 30: Odolnosť voči vodným parám Ret, pre materiál Diaplex	59

Zoznam tabuliek:

Tabuľka 1: Namerané hodnoty pred a po meraní, Dermizax	38
Tabuľka 2: Namerané hodnoty pred a po meraní, Diaplex	38
Tabuľka 3: Odolnosť voči vodným parám, pre materiál Dermizax.....	41
Tabuľka 4: Odolnosť voči vodným parám, pre materiál Diaplex	42
Tabuľka 5: Odolnosť voči vodným parám pre materiálmi Dermizax, Diaplex	44
Tabuľka 6: Odolnosť voči vodným parám pre materiálmi Dermizax, Diaplex	46
Tabuľka 7: hodnoty pre a po meraní, Dermizax.....	53
Tabuľka 8: Hodnoty pre a po meraní, Diaplex.....	53
Tabuľka 9: Priepustnosť vodných pár, Dermizax a Diaplex	56
Tabuľka 10: R_{et} - odolnosť voči vodným parám	58
Tabuľka 11: R_{et} - odolnosť voči vodným parám	58
Tabuľka 12: Rozsah pre priepustnosť vodných pár a odolnosť voči vodným parám	60
Tabuľka 13: Množstvo vodnej pary ktoré je schopné sa odpariť za 24 hodín	60